MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900
À PARIS

RAPPORTS
DU JURY INTERNATIONAL

Groupe XI. — Mines et Métallurgie

TROISIEME PARTIE. — CLASSE 63 (TOME III)

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M CMIV

C. F. E.

1150

RAPPORTS DU JURY INTERNATIONAL

DE

L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900
À PARIS

RAPPORTS
DU JURY INTERNATIONAL

Groupe XI. — Mines et Métallurgie

TROISIÈME PARTIE. — CLASSE 63 (TOME III)

Fb 250

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M CMIV

EXPLOITATION
DES MINES, MINIÈRES ET CARRIÈRES.

TROISIÈME PARTIE.

APPAREILS, PROCÉDÉS ET MÉTHODES.

PRÉAMBULE.

Nous avons vu, dans les deux parties qui précèdent, les statistiques générales, les études géologiques intéressantes concernant soit diverses régions encore incomplètement connues, soit un certain nombre de mines et gisements métallifères; enfin nous avons donné des monographies des exposants, avec les détails capables d'intéresser le lecteur et de lui être de quelque utilité.

Il a semblé rationnel de pousser plus loin l'examen technique de l'exposition minière et d'étudier, dans une troisième partie, le matériel, les procédés, les méthodes exposés en 1900 qui constituent soit des améliorations, des perfectionnements, soit même des nouveautés, des créations dans l'exploitation des mines depuis 1889.

Cette étude, dégagée de tous les éléments étrangers à son but et examinés d'ailleurs dans les chapitres qui précèdent, passe en revue d'une façon méthodique et aussi détaillée que l'ont permis les renseignements communiqués par les exposants les diverses branches de l'exploitation minière dans lesquelles l'Exposition de 1900 a révélé des perfectionnements ou des applications nouvelles.

Ces études particulières font l'objet des différents chapitres qui vont suivre. Elles sont aussi complètes que cela nous a été possible; toutefois, il est nécessaire de noter ici que si certains appareils, certaines installations n'y figurent pas, cela peut être, sans doute, le résultat d'omissions involontaires dont nous nous excusons ici (et que le développement réellement considérable de l'Exposition rend d'ailleurs excusables), mais que cela est dû surtout à ce que certains exposants nous ont transmis des renseignements malheureusement incomplets ou insuffisants, ou quelquefois même n'ont pas répondu à nos demandes.

L'examen résumé de toutes ces études fait ensuite l'objet d'une conclusion générale qui constitue, pour ainsi dire, le résumé des progrès accomplis depuis 1889 tels qu'ils ressortent de l'Exposition minière en 1900.

Il est toutefois nécessaire de faire ici quelques réserves à ce sujet. Une étude sérieuse qui pourrait prétendre à donner, d'une façon absolument exacte, la physionomie de ce qui s'est accompli dans ces dix dernières années, devrait s'exercer indistinctement sur tous les perfectionnements réalisés et tous les résultats obtenus pendant cette période.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Or il s'en faut de beaucoup, quelle que soit l'importance donnée à l'Exposition minière, que cette dernière soit complète à ce point de vue. On trouvera donc beaucoup de lacunes dans les divers chapitres qui vont suivre et dans le résumé. On ne peut que regretter que nombre d'installations, d'appareils ou de méthodes nouvelles n'aient pas figuré à l'Exposition. Mais on comprendra que nous ayons voulu nous borner à ce qui a été exposé, ce qui nous a amené souvent à laisser une étude incomplète ou à négliger certaines branches de l'exploitation minière.

On trouvera, dans ces études, des exposés aussi clairs et précis que cela nous a été possible avec les données que nous avons pu recueillir; mais nous nous sommes imposé comme loi absolue de ne porter aucune appréciation personnelle; nous avons reproduit, en revanche, tous les résultats obtenus et contrôlés par la pratique qui nous ont été communiqués, de façon à donner, par cela même, des éléments de comparaison absolument impartiaux.

Le caractère officiel de ce rapport nous faisait un devoir de cette réserve et nous avons tenu à nous y conformer.

CHAPITRE PREMIER.

ABATAGE. — SONDAGE. — TRAVAIL DES ROCHES.

Ce chapitre est l'un des plus importants de cette étude. Depuis 1889, en effet, la question de l'abatage et de la perforation a attiré l'attention de tous les exploitants par son importance capitale et son influence considérable sur le rendement de la mine et l'abaissement du prix de revient. On s'est heurté et on se heurte encore à de grandes difficultés dans la solution de ce problème, en particulier pour les houillères, où cette question, en effet, est loin d'être simple. Telle méthode et tel appareil qui s'appliquent à une mine échouent complètement lorsqu'on les utilise dans une autre. Par exemple. les hâveuses, qui rendent de si grands services dans les houillères américaines, n'ont pu réussir dans la même mesure dans les mines françaises. Il y a un certain nombre d'éléments très variables qui entrent en jeu et qu'il est nécessaire d'étudier et de bien connaître pour déterminer leur influence dans chaque cas.

Quoi qu'il en soit de ces difficultés, les appareils construits pour les résoudre sont nombreux; avant d'étudier en détail chacun de ces appareils, il est utile d'envisager l'ensemble et l'esprit des dispositions réalisées dans chaque ordre d'idée.

Outils de mineur. — Tout d'abord, en ce qui concerne l'outil à main du mineur, le pic, on a cherché à éviter les inconvénients qui résultent de la nécessité pour l'ouvrier d'avoir toujours auprès de lui des outils de rechange pour lui permettre de remplacer le pic dont il se sert, dès que sa pointe aiguë, émoussée, lui rend le travail plus difficile. Les pics, dont la lame est fixée à demeure sur le manche, sont gênants pour le transport et les réparations; on a cherché à rendre les lames amovibles et faciles à assujettir rapidement et solidement sur la tête du manche. Il suffit alors d'avoir une certaine provision de ces lames pour assurer le travail. Tels sont les pics de la Cie Hardy Patent Pick; d'autres types sont encore en usage dans un certain nombre de mines et donnent de bons résultats.

Perforation. — Pour la perforation des roches, l'ouvrier a à sa disposition actuellement des perforatrices nombreuses tant à main que mécaniques.

Les premières, très défectueuses au début, se sont améliorées par la suite non seulement au point de vue du poids, mais aussi au point de vue de leur fonctionnement et de leur rendement. Ces perforatrices travaillent par rotation; elles sont munies d'un dispositif qui permet de régler automatiquement l'avancement suivant la dureté des roches traversées. Ce dispositif a été et est encore constitué, dans quelques types, par un frein qui entre en jeu, en cédant dès que la roche devient plus difficile à forer. Ce

système, qui présente l'inconvénient d'obliger, dans ce cas, l'ouvrier à un effort considérable pour vaincre la résistance du frein, a été remplacé dans des types comme le Jubilé, la perforatrice Heise et d'autres, par un dispositif élastique, qui cède sous la résistance de la roche et restitue l'effort fait par l'ouvrier, dès que cette résistance est passée.

Les secondes, perforatrices mécaniques, sont de types multiples; elles sont mues par l'air comprimé ou par l'électricité. L'application de l'électricité à la perforation est assez récente et est appelée à rendre, dans certains cas, de très grands services. Les perforatrices à air comprimé exposées, à part un type américain (perforatrice rotative Jeffrey), étaient toutes à percussion. Elles varient surtout par leur dispositif de distribution qui se fait soit par cylindre équilibré, soit par soupape guidée, soit même par une combinaison de ces deux types. Elles ont acquis une simplicité et une légèreté relatives qui en permettent l'emploi pratique dans les galeries de mine. De ce fait, leur usage s'est répandu un peu partout, tant dans les mines que dans les carrières.

Nous devons signaler l'application de l'injection d'eau, système Fauvel, à la perforation mécanique. M. Bornet a réalisé une disposition simple et pratique qui permet l'injection d'eau dans les fleurets des perforatrices à percussion. L'influence de cette injection, on le sait, est très grande : les débris de la roche sont enlevés automatiquement dès leur production, l'encrassement de l'outil est évité, et ce dernier travaille toujours sur la roche même, sans interposition des débris qui amortissaient auparavant une partie de sa puissance. De ce fait, le travail de la perforatrice est doublé (essais des mines d'Anzin en 1895) et, par la suppression des poussières, l'ouvrier est plus à son aise pour diriger et manœuvrer son outil, et l'atmosphère est dégagée, ce qui a une grande importance.

Les perforatrices électriques ont été d'abord à rotation; des dispositifs ingénieux ont enfin permis l'obtention du mouvement de va-et-vient nécessaire à la percussion. Siemens et Halske avaient résolu d'abord la question par l'emploi de solénoïdes attirant et repoussant le porte-fleuret dans des guides appropriés; ce système peu pratique et d'un faible rendement a été remplacé par l'emploi de moteurs électriques dont le mouvement de rotation se transforme, au moyen d'une liaison élastique, en mouvement alternatif rectiligne, tels sont les systèmes Siemens et Halske et Bornet. Ces types de perforatrices électriques peuvent rendre de grands services, partout où l'emploi de l'électricité est possible sans nuire à la sécurité de la mine.

Hâvage. — A côté de la perforation proprement dite des roches se place la question du hâvage, c'est-à-dire de la production des sous-caves précédant l'abatage du charbon. C'est une opération importante et qui influe considérablement sur la production. On a cherché à remplacer le travail lent et pénible du hâveur par le travail mécanique d'une machine appropriée. On a rencontré là les difficultés dont nous avons parlé plus haut et qui, variables avec les mines, rendent la solution du problème souvent délicate et quelquefois même impossible.

Dans les mines dont le toit est bon, les couches homogènes assez épaisses, à charbon dur et relativement peu inclinées, telles que sont, par exemple, celles de beaucoup de mines américaines, on a pu adopter des machines à hâver très intéressantes et donnant un excellent rendement. Ces machines, soit à chaîne coupante, soit à roue (longwall), sont aujourd'hui devenues pratiques; leur encombrement a été rendu le plus faible possible; elles sont mues à l'air comprimé ou à l'électricité. Leur travail, comme nous le verrons plus loin, est considérable et permet de hâver rapidement un long front de taille.

Malheureusement, dans beaucoup de cas, la présence d'impuretés, rognons de pyrite ou de carbonate de fer dans le charbon, rend l'emploi de ces machines impossible, en provoquant la rupture des couteaux de la chaîne ou de la roue. De plus, par leur encombrement et leur genre de travail, elles nécessitent un toit solide et des couches peu inclinées et suffisamment épaisses, conditions qui ne se rencontrent pas dans certains pays. On emploie alors la hâveuse à percussion, qui n'est autre chose qu'une perforatrice d'un type particulier montée sur roues et dont l'ouvrier dirige le fleuret le long de la sous-cave à pratiquer. La rencontre des rognons durs a peu d'inconvénient, car, ou bien le fleuret peut les traverser s'ils ne sont pas trop durs, ou bien l'ouvrier les tourne avec son outil en les déchaussant peu à peu pour les faire sauter ensuite en quelques coups.

Toutefois, le travail, quoique bien supérieur au travail à la main, est moins rapide que celui des hâveuses à couteaux, et on a cherché à réaliser un type de machine permettant, comme ces dernières, un travail sur une plus grande surface pour augmenter le rendement. C'est dans cet ordre d'esprit que la Compagnie des Mines de Commentry-Fourchambault et Decazeville a entrepris des essais et a établi la hâveuse à faulx qu'elle exposait. Ce type, malheureusement, n'a pas encore été suffisamment consacré par la pratique.

Taille des roches. — Les procédés employés pour la taille des roches ont été l'objet de perfectionnements importants. Sans insister sur les excavateurs américains à perforation, nous attirerons particulièrement l'attention sur deux procédés nouveaux qui ont déjà donné des résultats très intéressants et qui sont appelés à rendre, dans l'avenir, d'importants services, lorsqu'ils auront été rendus réellement pratiques. Nous voulons parler de la scie diamantée de M. Fromholt et du fil hélicoïdal.

La scie diamantée circulaire arrive à débiter les roches dures sans difficulté avec une vitesse de rotation de 300 tours à la minute et un avancement de 0 m. 30 (roche d'Euville). Elle produit une coupure nette qui donne un dressage complet des parements des pierres. Toutefois, l'installation de cet appareil est encore un peu compliquée et le prix élevé de la scie est un gros inconvénient.

Le fil hélicoïdal a été l'objet de perfectionnements importants en Italie, où il sert actuellement à la taille du marbre. Son fonctionnement semble plus régulier et la disposition qui a été réalisée par M. Monticolo permet de l'utiliser pour pratiquer des entailles

de toute longueur dans des bancs de roches en place. Cette application est très intéressante. Déjà, on a pu l'utiliser dans les ardoisières (La Bassère) et dans les carrières de roches dures (Belgique).

Sondage. — En même temps que se sont développés les outils de perforation, les méthodes et appareils de sondage à grande profondeur se sont perfectionnés de leur côté. L'extension toujours de plus en plus grande de l'extraction minière a provoqué, en effet, des recherches de plus en plus nombreuses, soit dans les régions déjà connues, soit dans de nouvelles soumises à l'exploration; et en même temps que le nombre de ces recherches géologiques grandissait, la profondeur à laquelle une grande partie d'entre elles devaient s'effectuer augmentait de son côté, en particulier dans des bassins houillers où l'on avait, soit à explorer des régions, réservées jusqu'ici, dans lesquelles les couches étaient les plus profondes, soit à pousser les recherches dans des régions déjà exploitées ou connues, où l'approfondissement progressif de l'exploitation les rendait nécessaires.

Les perfectionnements apportés dans les appareils de sondage procèdent de cet ordre d'idées; on a cherché à augmenter, d'une part, les profondeurs atteintes par les appareils, et d'autre part à augmenter la rapidité du forage, facteur qui a pris une importance de plus en plus grande au fur et à mesure que la longueur du forage ainsi que leur nombre augmentaient.

Le fait le plus notable à signaler dans les appareils de sondage exposés est l'adoption du battage rapide, réglage à volonté, avec injection d'eau système Fauvel.

Les appareils Lippmann, Raky et Arrault reposent sur ce principe. Les difficultés pour obtenir le battage rapide avec une colonne de tiges de sonde métalliques dont le poids augmente avec la profondeur ont été résolues par l'emploi de systèmes élastiques qui équilibrent à chaque instant le poids de cette colonne (Lippmann, Raky).

L'appareil Arrault permet à l'ouvrier sondeur d'opérer son sondage en le conduisant pour ainsi dire à la main et en réglant la course et la vitesse suivant les roches à traverser.

Dans ces appareils on obtient une vitesse de battage variant, suivant les types, de 70 à 110 coups. Les avancements obtenus ont souvent été remarquables, comme on le verra, par exemple, pour des forages exécutés avec le procédé Raky, et atteignant 7 m. 50 par jour dans les grès et poudingues durs de Ronchamp. Presque tous ces appareils permettent aujourd'hui d'employer l'injection d'eau Fauvel. Son importance est trop connue pour que nous énumérions tous ses avantages. Lorsque le terrain s'y prête et que des couches trop perméables ou des fissures inopportunes ne viennent pas absorber l'eau introduite, ce procédé rend les plus grands services en éliminant automatiquement les débris, en économisant le temps considérable que nécessite l'emploi des cuillers, et en permettant au trépan d'agir toujours sur la roche nette et débarrassée de ses débris.

Les appareils, en général, permettent d'employer les différents procédés usités jusqu'à ce jour, ce qui est souvent d'une grande utilité. C'est ainsi que l'appareil Lippmann

permet de passer du battage rapide au battage à chute libre et l'appareil Raky du battage rapide au forage au diamant par rotation.

Tous ces appareils emploient les tiges de sondes métalliques, creuses ou pleines, selon les cas.

Toutefois, le sondage à la corde est encore employé en Amérique; et si l'on en juge par l'exposition de la Oil Well Supply Company, il y a fait l'objet de nombreux perfectionnements. Cette maison bien connue emploie depuis longtemps le sondage chinois. Elle a établi toute une série de machines, d'appareils, d'accessoires et d'outils, très ingénieux et très pratiques, avec lesquels elle a obtenu d'excellents résultats.

L'efficacité de ce procédé, très employé en Amérique pour les sondages dans les régions pétrolifères, peut être discutée, lorsqu'il s'agit de terrains difficiles, tels qu'il s'en présente, par exemple, dans nos régions du Nord et du Pas-de-Calais.

Enfin, à côté des appareils de sondage par le procédé de battage, viennent se placer les appareils de sondage ou de forage au diamant. Là aussi, on a à noter des perfectionnements très notables. Ce procédé, rendu possible par des sertissages meilleurs des diamants dans la couronne de l'outil, est devenu réellement pratique dans ces dernières années. On a réussi à créer des dispositifs qui permettent de régler l'avancement de la couronne, ainsi que sa pression sur la roche, suivant la dureté de cette dernière, en évitant ainsi les ruptures de la tige ou le bris des diamants qui arrivaient trop souvent dans les appareils précédents. En outre, en même temps qu'on arrivait à atteindre des profondeurs dépassant 1000 mètres avec certains types (Bullock), on créait des appareils portatifs très légers permettant les recherches superficielles (Woïslaw).

Fonçage des puits par congélation. — Enfin nous signalerons, avant de terminer cet aperçu général, le développement que prend le procédé de fonçage des puits par congélation, procédé qui a été rendu possible par les perfectionnements survenus dans les méthodes de sondage. Comme le creusement des trous de sonde pour l'établissement des colonnes réfrigérantes nécessite des précautions particulières, en vue de vaincre un certain nombre de difficultés provenant tant de la nature des terrains traversés que des déviations possibles des sondages, nous donnerons une étude détaillée d'un fonçage délicat de ce genre effectué à Auboué, accompagnée d'une méthode créée par la Société de fonçage de puits pour mesurer les déviations des trous de sonde.

I. ABATAGE.

OUTILS DE MINEURS.

Outils de mineurs de la Hardy Patent Pick C°.

Pics de mine. — Les pics de cette maison sont très nombreux; ils ont les formes les plus diverses, appropriées aux usages et aux qualités de houilles auxquels ils sont destinés.

Deux dispositions nouvelles et pratiques sont intéressantes. Elles peuvent rendre certains services en raison de leur simplicité.

1° Pic «Acmé». — Ce pic (fig. 1) est destiné surtout au hâvage. Il est formé d'un manche en bois d'Amérique très dur appelé «hickory» et qui a, paraît-il, donné des résultats de solidité et de durée supérieurs au bon bois de frêne. Ce manche porte à sa partie supérieure une douille à étrier fixée par deux clous solides. La lame du pic en acier fondu et forgé, à deux pointes, porte au milieu une entaille de la largeur de l'étrier. On l'introduit dans ce dernier, de façon à ce que cette entaille se trouve à la partie supérieure et saisisse l'étrier entre ses deux rebords. On fixe solidement la lame au moyen

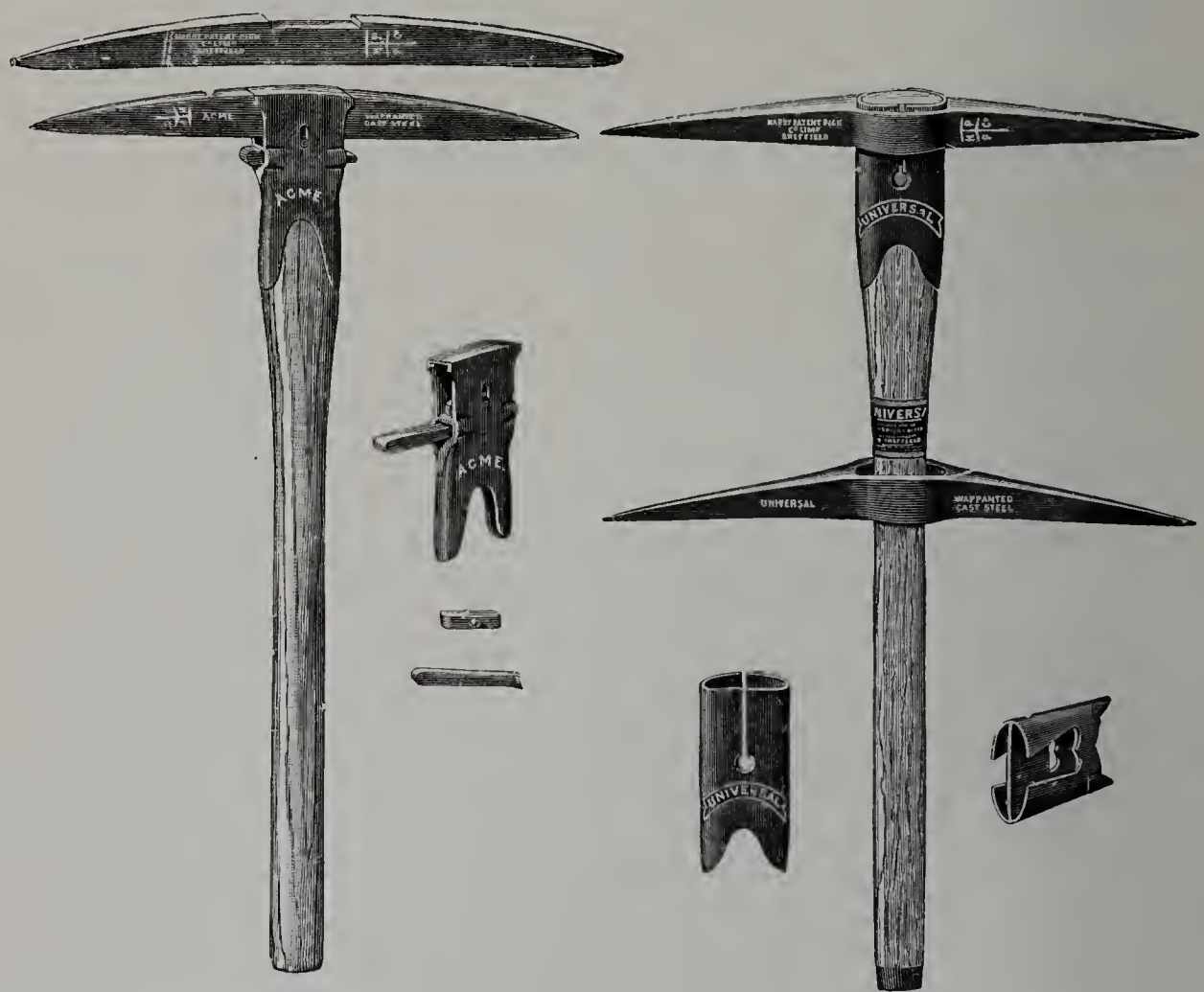


Fig. 1. — Pic à lame amovible «Acmé». (Hardy Patent Pick C°.)

Fig. 2. — Pic «Universal» à lame amovible. (Hardy Patent Pick C°.)

d'une clavette bombée qu'on enfonce à force entre la partie inférieure de la lame et la tête du manche. Cette clavette ne peut sortir ni être égarée, car, dans un sens, elle est arrêtée par un élargissement de sa tête; dans l'autre sens, par une goupille qui glisse dans une rainure de l'étrier, rainure fermée à son extrémité.

La figure ci-jointe montre la constitution du pic. Ce pic aurait donné de bons résultats par sa solidité et la fermeté de l'assujettissement de la lame. Il est léger et se manie aisément dans tous les sens. Il est très employé en Allemagne et en Angleterre.

Au point de vue économique, le prix de revient est le suivant :

La lame de 0 kilogr. 600 à 1 kilogr. 300 coûte de 1 franc à 2 francs.

Le manche en bois hickory coûte 2 francs.

2° Pic de mineur « Universal » (fig. 2) pour tous les usages. — Ce pic est encore plus simple que le précédent. Il se compose d'un manche de même bois que l'autre, et dont la grosseur va en augmentant de la poignée à la tête. Cette tête est garnie d'une douille en fer assez épaisse et légèrement conique. On l'introduit à froid sur la tête du manche. Cette douille porte à l'intérieur une petite couronne coupante. Lorsque la tête est entrée, on la fend à deux endroits et on introduit dans ces fentes deux coins en bois dur ou même en métal qui dilatent le bois; la couronne intérieure de la douille se trouve incrustée dans le manche, et la douille en devient absolument solidaire. On la fixe encore quelquefois avec deux forts clous à sa base.

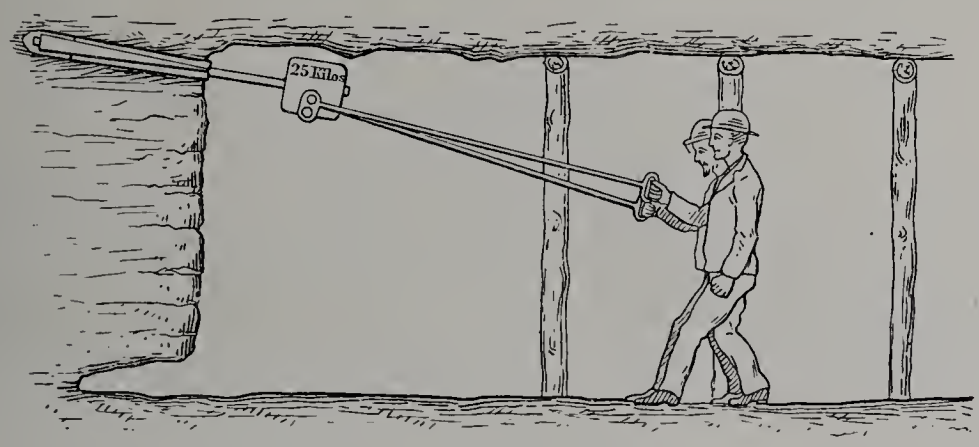


Fig. 3. — Coin mécanique « Levet ».

La lame, en acier fondu et forgé, de forme quelconque, porte en son centre une ouverture ovale dans laquelle on introduit le manche par la poignée. Cette ouverture étant plus petite que le gros bout de la douille, la lame s'arrête au milieu de cette douille; un ou deux coups sur la tête du manche la fixent solidement dans cette position.

Ce pic est très solide. L'assemblage de la lame et du manche est très ferme et les coups sont plus secs et plus nets. Ce pic est très employé dans les mines anglaises.

Le manche coûte, garni, 21 francs la douzaine.

La garniture seule, 10 francs la douzaine.

Le manche sans garniture, 9 francs la douzaine.

Les lames de 0 kilogr. 600 à 1 kilogr. 400, de 16 à 24 francs la douzaine.

En somme, ces deux dispositions, très récentes, ont pour but de rendre les lames très facilement changeables et d'éviter l'usure des manches dans l'opération du changement de lame; elles sont simples et semblent pratiques. L'expérience seule, faite dans une exploitation, peut en déterminer la valeur au point de vue de la commodité, de la durée et de l'économie.

Coin mécanique (maison Galland).

Le coin Levet (fig. 3) est une modification intéressante de l'aiguille infernale, destinée à l'abatage des roches. Il se compose essentiellement d'un coin en acier engagé, le gros bout en avant, au fond du trou de mine entre deux aiguilles et formant avec l'étrier un cylindre parfait. Le coin se termine par une tige d'acier à tête, le long de laquelle peut coulisser un mouton de 25 kilogrammes. Le mouton porte des oreilles latérales sur lesquelles s'accrochent des tiges à poignées au moyen desquelles on opère les tractions sur le mouton. Sous les chocs du mouton contre la tête de la tige du coin, ce dernier pénètre entre les deux aiguilles, les écartant et provoquant la disjonction des roches. Si celle-ci ne se produit pas après la première opération, on recommence en substituant aux premières aiguilles deux autres plus épaisses.

PERFORATRICES.

1° PERFORATRICES À MAIN.

«Le Jubilé», perforatrice système Bornet.

Cette perforatrice (fig. 4) très simple est légère, peu encombrante et réversible, ce qui permet d'éviter l'opération, toujours longue à la main, du retour de vis.

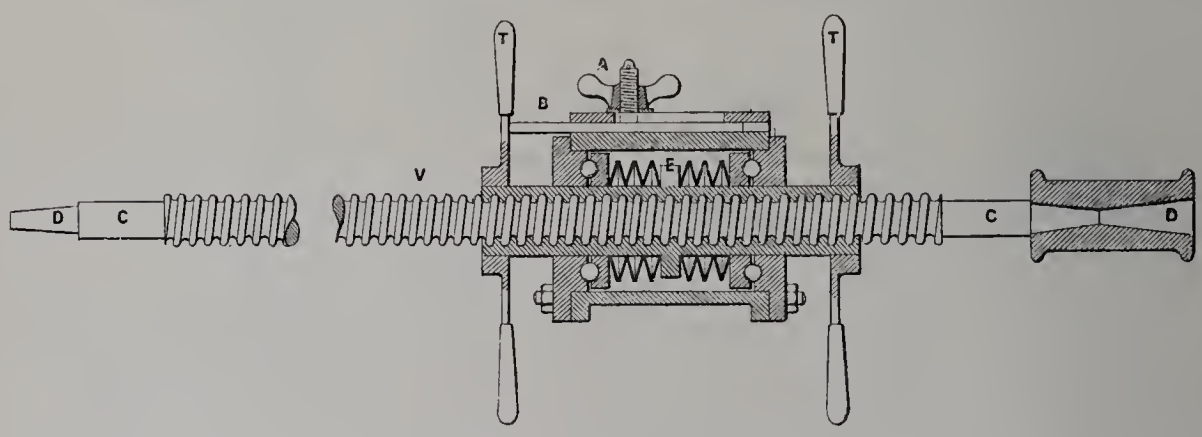


Fig. 4. — Perforatrice à main «Jubilé» (Bornet).

Elle se compose essentiellement :

1° D'une *vis principale* V, dont le pas est calculé pour donner la progression maxima à atteindre dans les roches tendres, et qui porte à ses extrémités les carrés d'emmanchement CC, DD, des cliquets et du porte-outil ;

2° D'un *écrou* muni à ses extrémités de tourne-à-gauche TT, et en son milieu d'une embase E qui butte contre un chemin de billes par l'intermédiaire d'un jeu de ressorts en coupelles. Le nombre de filets de vis en prise, grâce à la longueur de l'écrou, est assez grand pour que, pendant le travail le plus dur, la pression sur chaque filet soit

sensiblement inférieure à celle qu'il peut supporter. Les coupelles sont calculées de manière à ce que, dans le travail des roches les plus irrégulières, elles ne travaillent jamais à plus de 1/4 de leur puissance, afin d'éviter tout bris et de conserver une élasticité parfaite pendant le travail ;

3° D'un *cylindre* ou *corps de machine,* qui renferme ce mécanisme et qui porte les deux tourillons de suspension de la machine, ainsi qu'un verrou de retenue B du tourne-à-gauche, maintenu en place par une forte vis à oreilles A.

Le travail s'effectue dans les roches régulières avec une pression et un avancement qui se règlent d'eux-mêmes d'après la dureté de la roche.

Dans les roches irrégulières, lorsque l'outil rencontre une partie dure, les ressorts se compriment et permettent à la progression de l'outil de se ralentir momentanément tout en augmentant la pression sur le taillant de l'outil jusqu'à ce que sa partie dure soit traversée. Les ressorts en se comprimant emmagasinent l'excès de puissance produit et le restituent aussitôt que l'obstacle a disparu.

Perforatrice à main, système Heise.

La perforatrice à main, système Heise, exposée par la maison Wolf (fig. 5), a cette particularité de remplacer les différents freins de la plupart des autres systèmes, par un déclenchement à ressort qui reporte sur l'extrémité de l'outil et la roche tout l'effort supplémentaire que l'ouvrier est obligé de déployer dans le cas où la roche présente des parties dures qui ralentissent l'avancement.

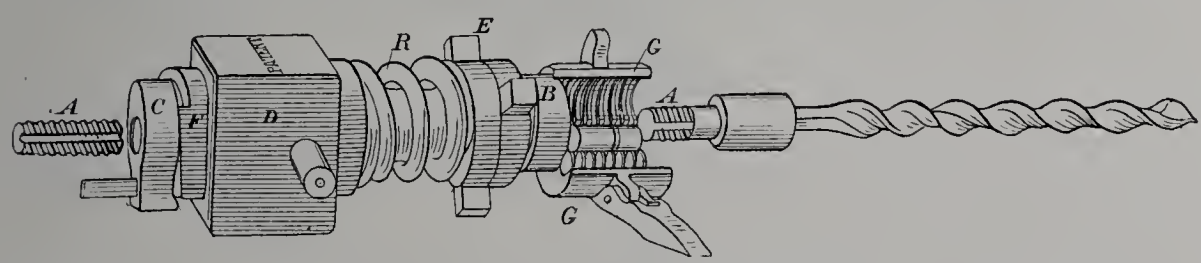


Fig. 5. — Perforatrice à main système Heise.

Le dessin annexé montre l'agencement général de cette perforatrice. La tige centrale (coupée dans le dessin) à vis A pénètre à l'intérieur d'un cylindre BC. Ce cylindre à son tour pénètre dans une masse cubique D reliée au bâti. Un fort ressort R prend appui sur D et sur la tête B du cylindre. Sa tension peut être réglée par des écrous E. L'autre extrémité C du cylindre B porte une tête C, appliquée par le ressort contre la partie F de la masse D ; C et F portent de fortes dents qui peuvent engrener l'une dans l'autre et s'opposer à la rotation du cylindre BC dans D, dans le sens de l'avancement de l'outil.

La tête B du cylindre porte un écrou formé par deux mâchoires mobiles G qui peuvent être fixées par un levier faisant prise alors avec les filets de la vis centrale A qui porte l'outil.

Le mouvement de rotation est donné à la main par les organes ordinaires que l'on fixe à la tige porte-fleuret. Dès qu'une résistance empêche l'outil de pénétrer, la vis

réagit sur l'écrou qui recule en repoussant le ressort R. Si elle ne cède pas à l'action du ressort qui s'exerce tout entier sur l'outil, l'écrou (et le cylindre B) continuant à reculer, la tête C arrive à lâcher les dents de F et le cylindre n'étant plus assujetti par elles, tourne avec la vis sans avancer. La résistance venant à cesser, la tête C s'engrène de nouveau avec F et l'avancement reprend.

Dans ce système tout l'effort supplémentaire qui résulte d'une résistance de la roche est appliqué directement par le ressort sur l'outil et non absorbé inutilement par un frein comme dans un certain nombre d'autres types.

L'écrou à mâchoires G, en s'ouvrant, permet de retirer facilement la vis par l'arrière.

L'appareil peut se monter avec affût ou sans affût. Nous n'insisterons pas sur ce point qui ne présente aucune particularité.

Perforatrice à main Hardy Patent Pick C°.

Deux perforatrices à main sont exposées par cette maison. Quoiqu'elles soient assez connues, nous les examinerons rapidement, car elles comportent quelques perfectionnements de détails réalisés depuis 1889.

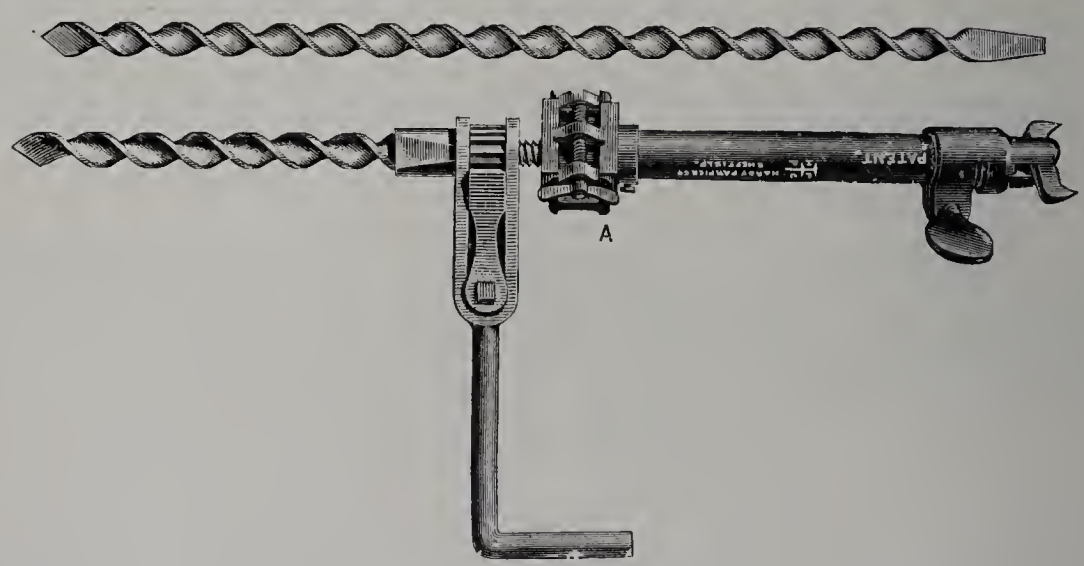


Fig. 6. — Perforatrice à main «Ratchet».
(Hardy Patent Pick C°.)

1° *Ratchet.* — Cette perforatrice (fig. 6) est essentiellement simple. Elle se compose d'un tube creux T (fig. 7) dans lequel peut se loger la vis qui actionne le fleuret. Cette vis V, qui tourne au moyen de cliquets à manches ordinaires, se meut dans un écrou formé de deux mâchoires en bronze E. Chaque mâchoire porte une tête saillante A percée d'un trou taraudé, une longue vis à tête P traverse ces deux trous et tourne sans avancer dans une bride B portée par la tête du tube. La vis à tête P est filetée dans ses deux parties en sens inverse, de telle sorte que, suivant le sens de la rotation, les deux mâchoires se rapprochent ou s'éloignent. Si elles sont serrées, la vis de la perforatrice V

est entraînée et avance au cliquet. Si elles sont desserrées, la vis V est libre et peut être rentrée entièrement, d'un seul coup, à l'intérieur du tube. Ce système d'écrou s'appelle écrou «Stayner».

La base du tube possède un frein genre Elliott. Il se compose d'une boîte *p* dans laquelle peut pivoter la base du tube creux. Le tube est maintenu dans la boîte par une vis *v* dont l'extrémité entre dans une rainure circulaire du tube. La boîte porte à sa partie supérieure une bride *b* dont les deux têtes peuvent être serrées à la pression voulue par un écrou *e*. L'écrou *e* étant serré, la vis de la perforatrice tourne dans ses mâchoires; mais lorsque la pression du fleuret dans le trou dépasse la limite voulue, la pression des filets de la vis, sur ceux des mâchoires devient suffisante pour vaincre la résistance du frein et le tube tourne dans son frein entraîné par la rotation de la vis. Dès que la résistance dans le trou a diminué, l'avancement reprend. La «Ratchett» est légère : 20 kilogrammes. Elle est très employée dans le Nord de la France, le Pas-de-Calais et à Valenciennes.

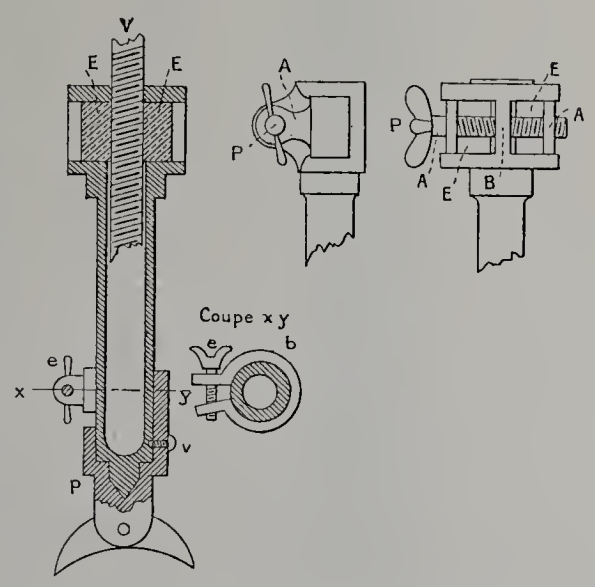


Fig. 7. — Perforatrice à main «Ratchet». Détails.

Elle coûte 75 francs. Elle peut percer des roches dures. Elle prend appui directement sur les parois des galeries ou sur un bois de mine. Son pied porte une griffe à deux pointes qui donne une stabilité supérieure à celle de la pointe ordinaire.

En résumé, ce système est simple, robuste et léger. Cette perforatrice peut être actionnée par une manivelle à roue dentée pour forer les trous dans les charbons et matières tendres;

2° *Elliott.* — Cette machine est bien connue. Toutefois quelques perfectionnements de détail ont été réalisés.

Cette perforatrice (fig. 8) se monte sur un affût en fer extensible à deux pointes que l'on arc-boute contre deux parois quelconques au moyen d'une vis et d'une plaque d'appui en bois ou en métal.

La perforatrice se place sur cet affût à la hauteur voulue. Elle se meut à la main par encliquetage.

L'avancement différentiel de cette perforatrice, comme on le sait, s'obtient dans l'écrou même qui est constitué (fig. 9) par une couronne dentée en bronze, enfermée dans une boîte. Cette boîte est formée de deux parties. La partie inférieure est fixée à la partie supérieure par une charnière et par une vis. Lorsqu'on serre cette vis, les deux parties de la boîte se rapprochent et appuient plus ou moins sur la couronne dentée qu'elles renferment. La vis étant serrée, la couronne est suffisamment maintenue pour résister, et la grande vis perforatrice tourne dans l'écrou formé par les dents de cette couronne.

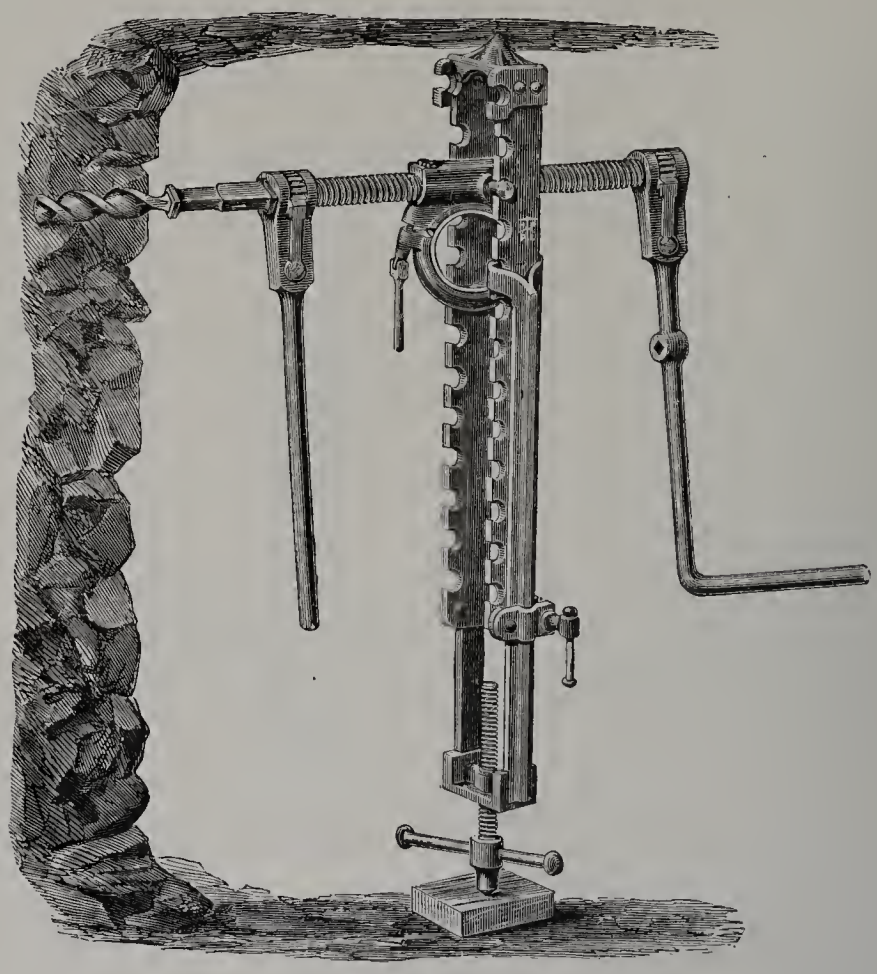


Fig. 8. — Perforatrice à main «Elliott».
(Hardy Patent Pick C°.)

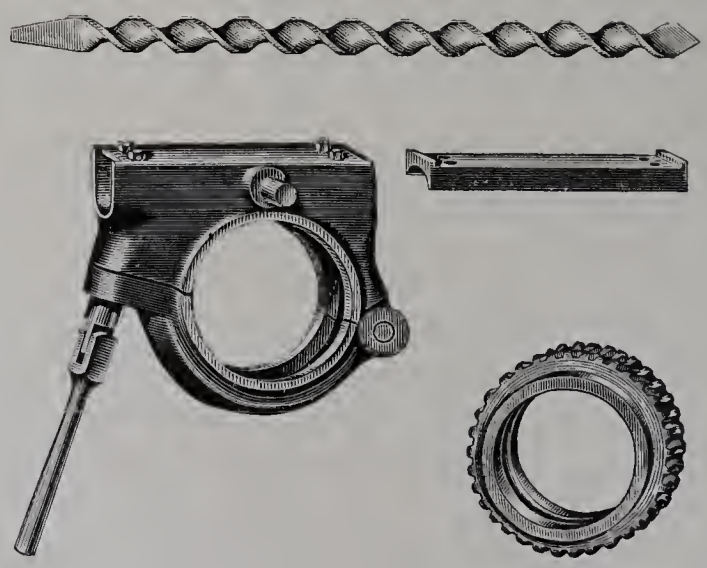


Fig. 9. — Perforatrice à main «Elliot». Détails.

Si le fleuret rencontre trop de résistance, la pression de la vis sur la couronne est suffisante pour vaincre le frottement de la boîte, la couronne tourne et la vis n'avance pas. En desserrant la vis de pression et tirant la grande vis en arrière la couronne tourne sans difficulté, ce qui permet de charger facilement le fleuret.

Cette vis est maintenue par une monture supérieure; pour éviter l'usure de cette pièce, et compenser à chaque instant le jeu occasionné par l'usure de la vis et de la couronne, la maison Hardy a placé entre la vis et la monture une plaque de frottement.

La monture A porte deux vis qui appuient sur la plaque de frottement. Il suffit de donner quelques tours à ces deux vis pour maintenir continuellement l'appui de la vis contre la couronne et éviter tout jeu dans l'ajustage.

La perforatrice Elliott est une de celles qui ont donné les meilleurs résultats. Son prix est de 160 à 190 francs, selon la grandeur. Elle est très employée dans les mines anglaises, françaises et belges.

2° PERFORATRICES À AIR COMPRIMÉ.

Perforatrices Rand Drill à air comprimé.

Les perforatrices de la maison Rand Drill (New-York) sont de trois types, dont nous allons donner les principales caractéristiques :

a. « *The little Giant* ». — La distribution de l'air se fait par tiroir-valve actionné par un rochet à trois branches. Ce rochet est placé dans une cavité du cylindre au-dessus du piston à double tête. La branche supérieure est engagée dans le tiroir-valve, les deux autres reposent sur le piston qui détermine leur mouvement. Le rochet oscille autour d'un axe placé entre les deux branches inférieures.

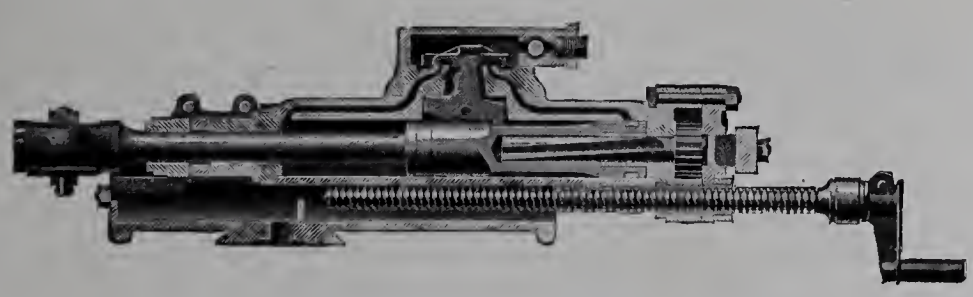


Fig. 10. — Perforatrice à air comprimé « The little Giant ».

L'avancement se fait à la main. Les autres pièces n'ont pas de particularité marquante. Elles rentrent d'une façon générale dans les types adoptés pour les perforatrices de ce genre.

b. « *The Slugger* ». — Ce type est disposé de façon à produire des coups pleins non amortis, et utiliser la détente de l'air comprimé. La distribution se fait au moyen d'un piston cylindrique équilibré en acier trempé, dont le mouvement est amorti au moyen de coussins élastiques. Le piston à double tête est semblable au précédent. La figure

annexe montre le dispositif adopté pour les conduites d'air de la chambre de distribution du cylindre. Ces conduites à angle droit se prolongent jusqu'à l'extérieur où elles sont obturées par des bouchons à vis. On peut poser la conduite transversale où l'on veut et réaliser par suite, à la commande de l'appareil, la détente désirée, ce qui peut

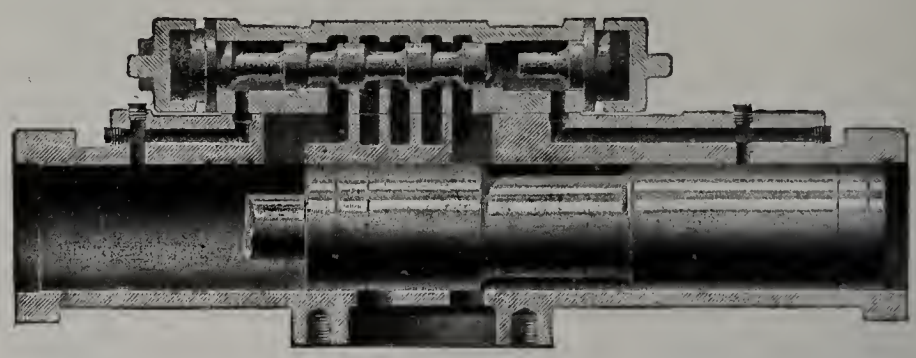


Fig. 11. — Perforatrice à air comprimé «The Slugger». Détail de la distribution.

être appréciable lorsque le prix de revient à la mine de la vapeur ou de l'air comprimé est assez élevé; la grande détente obtenue donne une économie qui est loin d'être négligeable.

c. «*The little Terror*». — Ce dernier type est une combinaison des deux distributions précédentes. Un rochet actionne un piston cylindrique équilibré. Cet appareil donne des coups non amortis dont l'amplitude peut être modifiée à volonté; à cet effet on a disposé, sur l'échappement correspondant à l'avant du cylindre, un robinet qui, en diminuant à volonté l'échappement, réduit la longueur de course du piston. Ce robinet, placé sous la main du mineur, permet d'obtenir des coups courts et réglables qui donnent la possibilité de tâter pour ainsi dire le terrain dans certaines circonstances, comme, par exemple, pendant le commencement du travail dans un terrain oblique. Ce dernier type possède un système de graissage particulier avec ou sans pression.

Supports. — Ces perforatrices s'adaptent à un certain nombre de supports dont nous reproduisons (fig. 12 et 13) les types principaux : trépieds, affûts à colonnes de diverses grandeurs, barres de carrières, etc.

Voici quelques caractéristiques relatives à ces trois perforatrices. Nous avons choisi des types autant que possible comparables entre eux.

	LITTLE GIANT.	SLUGGER.	LITTLE TERROR.
	—	—	—
Diamètre du cylindre.....	$69^{mm}49$	*id.*	$69^{mm}49$
Longueur de course.....	$158^{mm}75$	*id.*	$125^{mm}16$
Profondeur du trou.....	$182^{cm}8$ à $304^{cm}79$	*id.*	*id.*
Diamètre du trou.....	38^{mm}	38^{mm}	38^{mm}
Puissance.....	7 HP.	7 HP.	7 HP.
Poids de la perforatrice...	$90^{kil}800$	$90^{kil}800$	$93^{kil}00$
Profondeur atteinte en 10 heures.....	$18^{m}20$	$24^{m}40$	$18^{m}20$

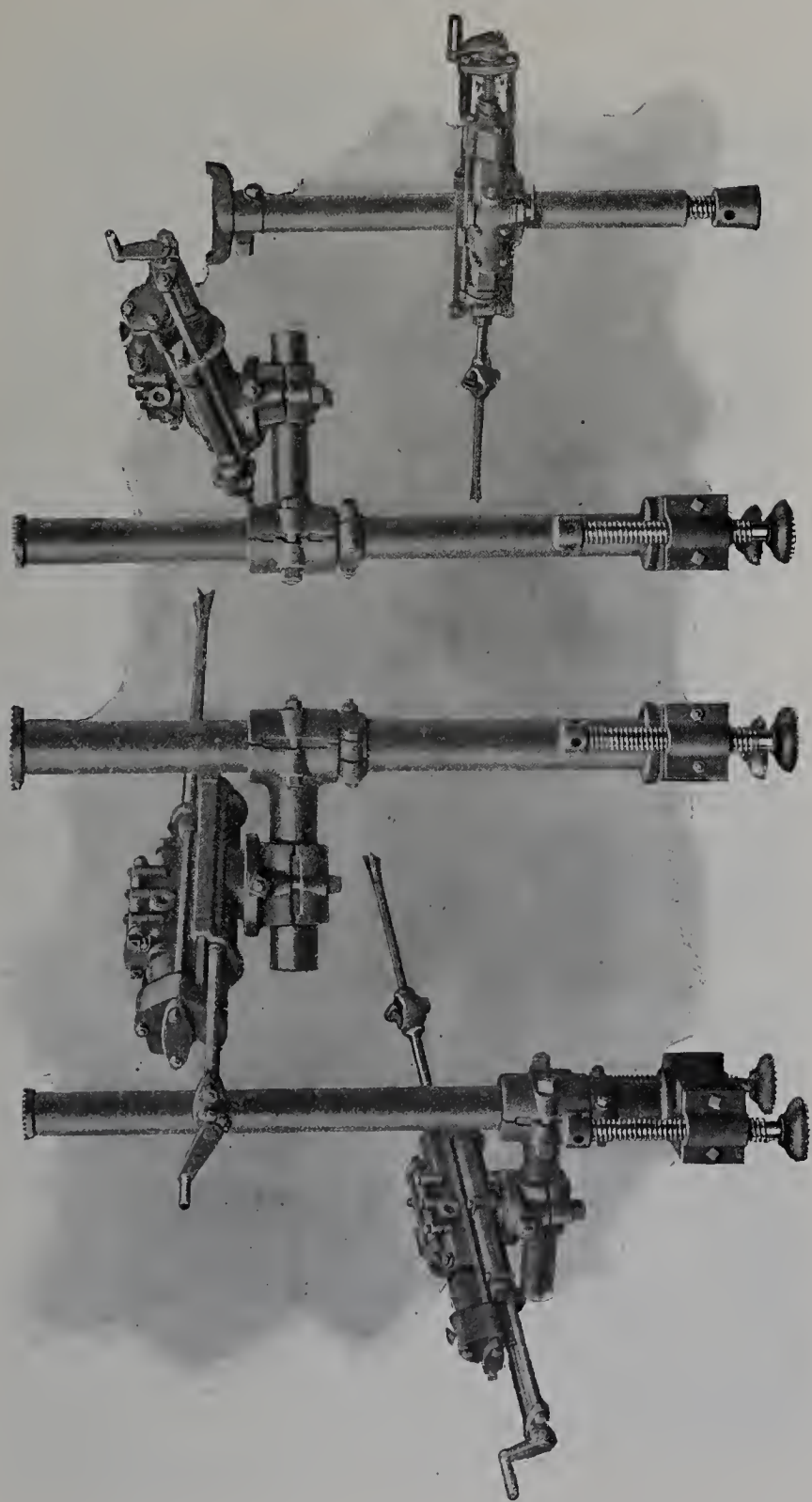


Fig. 12. — Types divers de supports pour perforatrices Hand Drill.

Perforatrices Ingersoll-Sergeant.

Les types de perforatrices à air comprimé ou à vapeur exposés par la maison Ingersoll sont robustes et bien compris ; ils se distinguent les uns des autres particulièrement par les soupapes d'admission.

IMPRIMERIE NATIONALE

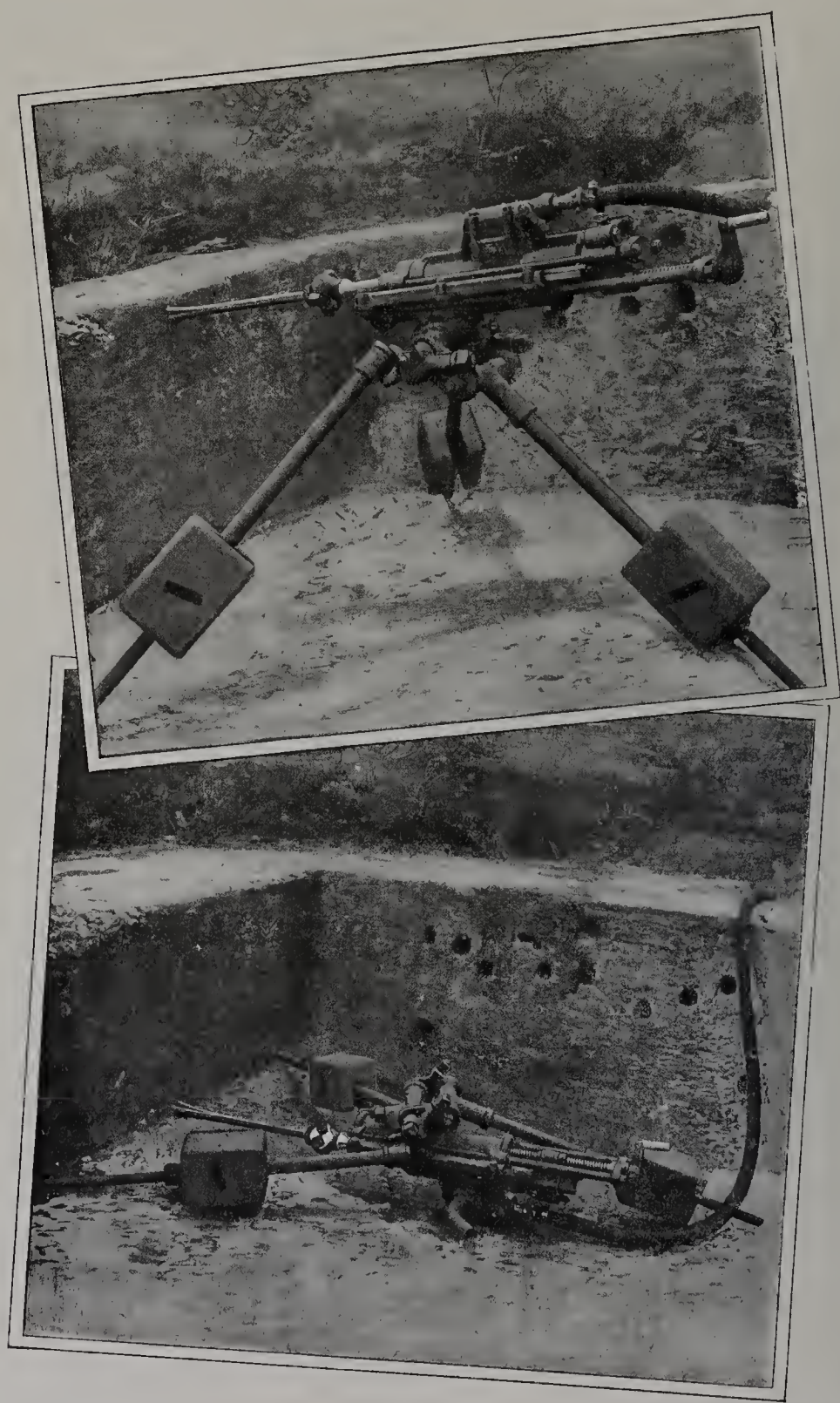


Fig. 13. — Trépieds des perforatrices Rand Drill.

Les trois types récents sont les suivants :

1° La « *New Ingersoll* » (fig. 14) qui est un perfectionnement du type « Éclipse » bien connu. Elle possède une soupape indépendante et un système de rotation à déclenche-

ment qui assure la rotation du piston à chaque coup. L'avancement se fait à la main au moyen d'une vis sans fin mue par une manette. Le cylindre se déplace dans une glissière qui est montée sur un trépied, colonne, barre de carrière, etc. Le coup frappé par ce type est sec et nullement amorti. La course est variable.

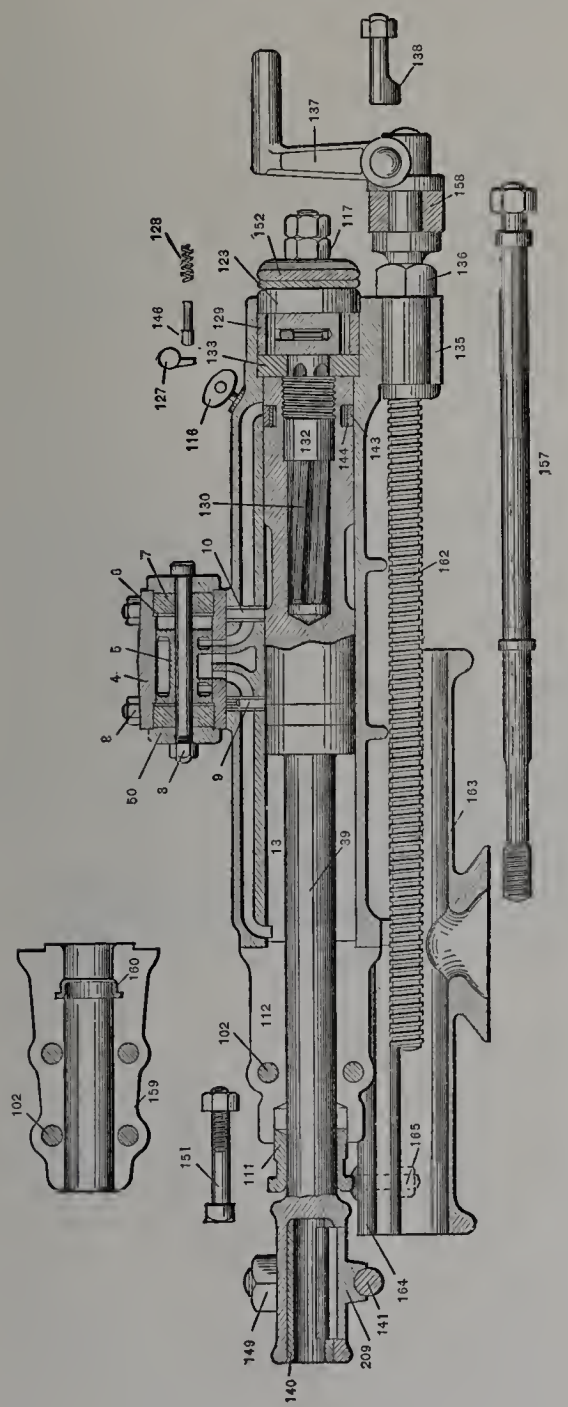


Fig. 14. — Perforatrice à air comprimé «the New Ingersoll». — Coupe et détails.

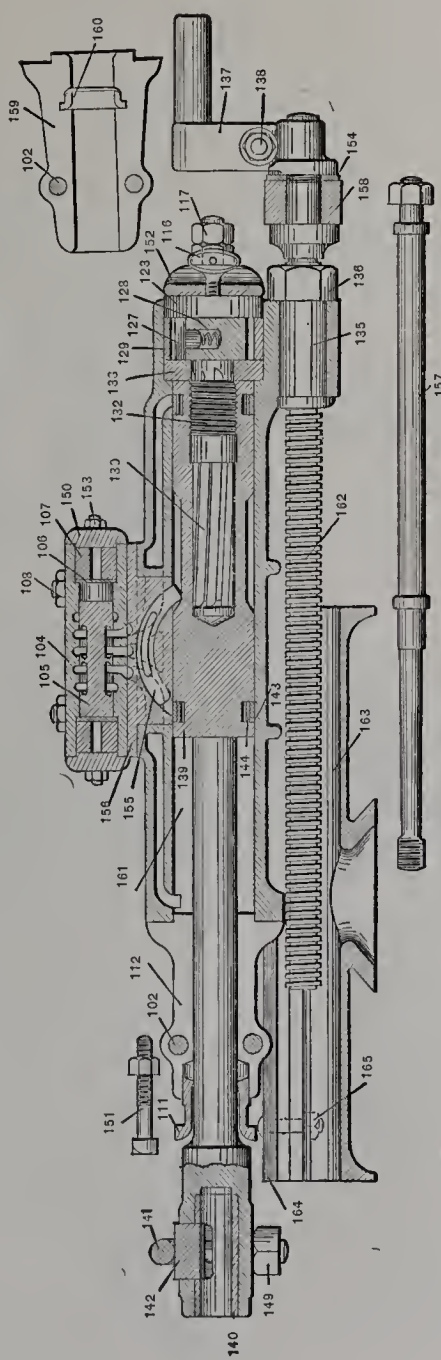


Fig. 15. — Perforatrice à air comprimé, type «Sergeant». — Coupe et détails.

Ce type se fait de cinq tailles. Le nombre des coups à la minute varie de 300 à 360. La pression de l'air employé (ou de la vapeur) est de 4 kilogr. 100. Suivant les tailles la force du coup varie de 182 kilogrammes à 342 kilogrammes, et la profondeur atteinte par la machine de 1 m. 55 à 6 m. 20. Les diamètres des trous vont de 25 millimètres à 76 millimètres. Le type le plus faible, pour prendre un exemple, pèse

69 kilogrammes sans le trépied. Il est capable de forer dans le granit, en dix heures, un trou de 15 m. 50 de profondeur sur 25 à 38 millimètres de diamètre;

2° *Type «Sergeant»* (fig. 15). — Ce type diffère du précédent par sa soupape, qui se compose d'une soupape équilibrée principale et d'une soupape auxiliaire mue par le piston et qui actionne la première, dont le fonctionnement est rendu de la sorte indépendant de l'usure du cylindre ou du piston. Ce type est muni également du système de rotation par roue à cliquet. La course est variable. Comme la «New Ingersoll», il frappe un coup sec non amorti. Sa construction est simple. L'avancement à main est le même.

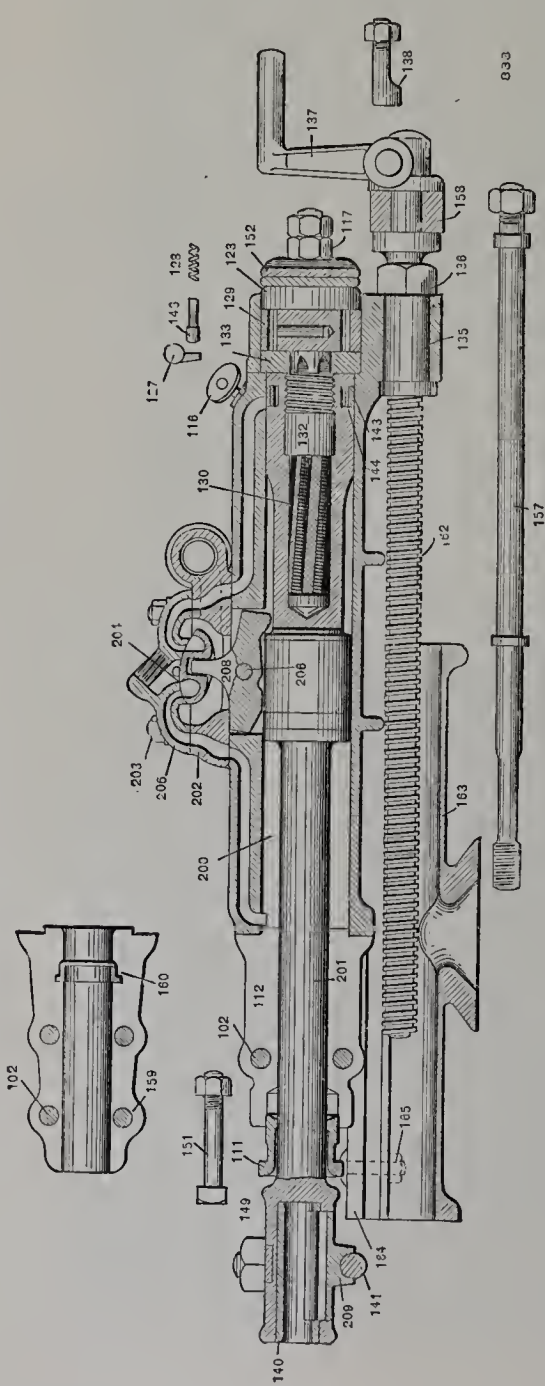


Fig. 16. — Perforatrice à air comprimé, type à taquet et soupape à arc. Coupe et détails.

Comparé, toutes choses égales d'ailleurs, au type précédent, il pèse un peu plus lourd. Le type C, qui fore des trous de 3 m. 10 sur 31 à 57 millimètres, pèse 105 kilogrammes contre 100 kilogrammes pour la taille correspondante «New Ingersoll». Il frappe 375 coups à la minute. Son avancement est le même, soit, dans le granit, 21 m. 70 en dix heures;

3° *Type à taquet avec «soupape à arc»* (fig. 16). — Ce type possède une soupape particulière comme le montre la figure annexée. C'est un perfectionnement des types à taquet et «little Giant». Un taquet particulier monté sur pivot peut recevoir un mouvement oscillatoire du piston. Ce taquet porte un doigt qui entre dans un logement porté par un tiroir à coquille auquel il communique un mouvement de va-et-vient.

Ce type de soupape, dont le fonctionnement est très sûr, convient particulièrement lorsque les perforatrices sont exposées à recevoir de la vapeur très humide. Toutefois, cette soupape convient moins bien que les précédentes au service avec l'air comprimé.

Les organes autres que la soupape sont les mêmes que ceux des types précédents. Le poids est légèrement plus lourd. Le coup frappé s'amortit sur la vapeur détendue.

Avancement automatique. — Il est intéressant de noter un système particulier d'avan-

cement automatique dont on munit souvent les grands modèles des perforatrices Ingersoll. Le cylindre avance à chaque coup de piston. Une pièce métallique fixée à une bielle pénètre dans la partie inférieure du cylindre. A chaque coup la tête de piston, rencontrant cette pièce, la repousse en agissant sur la bielle qui, de son côté, fait tourner l'écrou d'avancement du cylindre. A ce mécanisme d'avancement automatique est fixée une courroie de frottement qui permet l'avancement rapide ou lent suivant les exigences du forage.

Les trépieds à joint universel ou ajustables Ingersoll-Sergeant n'ont rien de particulier à signaler.

Les sondes, comme nous l'avons dit, peuvent se monter sur des affûts de mine et sur des châssis spéciaux pour les travaux en carrière.

Nous citerons, dans cette dernière classe d'application, deux types réalisés et exposés par la maison Ingersoll (voir plus loin).

Perforatrice à air comprimé système Hardy Patent Pick C°.

Cette perforatrice est à percussion (fig. 17) et à battage très rapide qui peut atteindre 650 coups à la minute. Elle emploie l'air comprimé à 6 atmosphères.

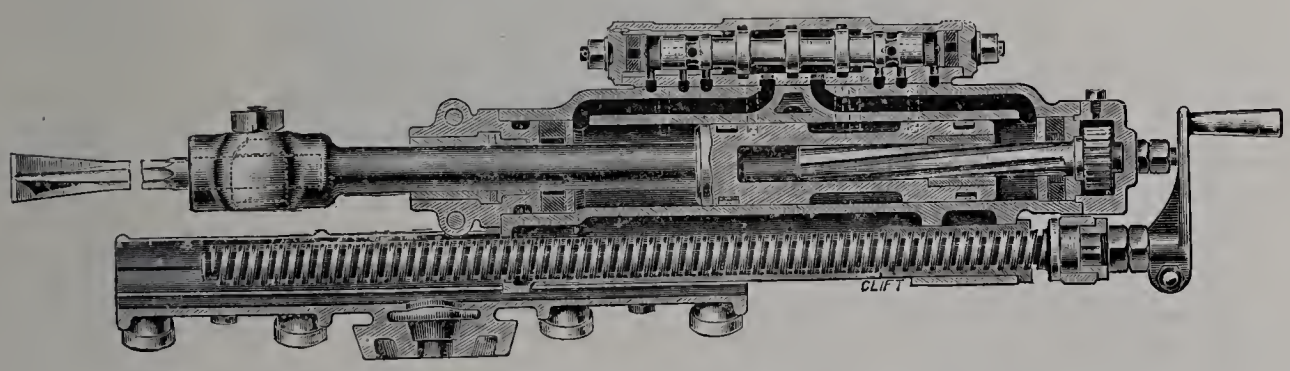


Fig. 17. — Perforatrice à air comprimé de la Hardy Patent Pick Company.

Sa disposition est assez simple, quoique délicate comme construction même, comme d'ailleurs toutes les perforatrices de ce genre.

Le piston n'a rien de particulier. Le mouvement de rotation du fleuret est obtenu par une vis hélicoïdale entrant dans un écrou percé dans le piston. La tête de cette vis, placée dans le fond du cylindre, porte une roue dentée à encliquetage. Quand le piston avance, il entraîne la vis ; quand il recule, celle-ci, immobilisée par une dent de loup, le fait tourner d'une certaine quantité, selon la valeur du pas de l'hélice.

L'avancement se fait à la main au moyen d'une manivelle.

La partie intéressante de cette perforatrice est la distribution qui se fait dans la boîte supérieure. Cette distribution est absolument automatique et obtenue par l'action de l'air lui-même sur un tiroir spécial cylindrique. Le corps du cylindre est percé d'une certaine quantité d'orifices correspondant soit à l'échappement, soit à la chambre du

tiroir, et le mouvement du piston, ouvrant ou fermant ces ouvertures, fait agir l'air sur les différentes parties du tiroir cylindrique qui se déplace et est toujours à peu près équilibré quelle que soit sa position; il se meut très vite et sans chocs, et dans ces conditions on a pu obtenir des vitesses de battage rapides.

Le poids de la perforatrice est de 100 kilogrammes.

Elle se monte sur un trépied à masselottes, disposé de façon à lui faire prendre toutes les positions voulues par des rotations autour d'axes différents. En plus, on peut obtenir un mouvement de translation sur l'axe; ce mouvement qui n'est généralement

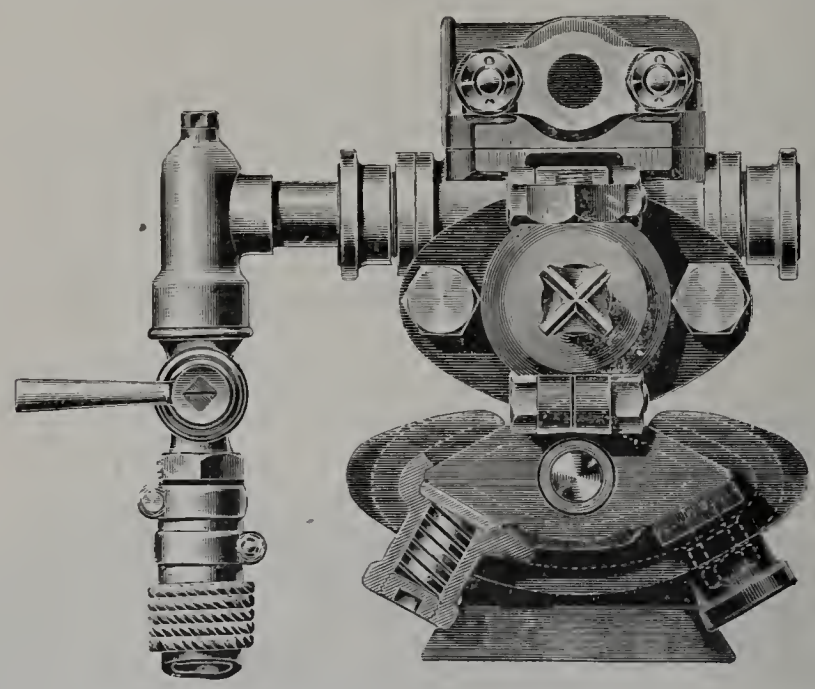


Fig. 18. — Disposition des glissières de la perforatrice de la Hardy Patent Pick C°.

pas réalisé dans les autres systèmes, est très utile pour obtenir un réglage rapide du fleuret dans l'axe d'un trou déjà foré.

Le cylindre à air comprimé est relié au bâti par des glissières, coulissant dans la monture du bâti. Le mouvement de ces glissières est très fréquent et l'usure se produit rapidement en raison des chocs et des trépidations qu'elles supportent; pour compenser cette usure et maintenir une adhérence parfaite avec la monture, on a disposé (fig. 18) dans cette dernière pièce huit ressorts puissants maintenus par des vis. Ces ressorts appuient fortement sur des plaques qui assurent ainsi continuellement l'ajustage des glissières. Si la tension des ressorts ne suffit pas, on l'augmente en enfonçant les vis.

Le pied pèse 225 kilogrammes.

Perforatrice Hollmann Brothers «the Cornish» (fig. 19).

La perforatrice Hollmann à air comprimé rentre dans le type des perforatrices à «taquet» à pivot actionnant le tiroir. Le dessin annexé montre une coupe longitudinale

de cette machine. La tige porte deux pistons P en acier entre lesquels elle forme un renflement R destiné à actionner le taquet T. Ce dernier porte un prolongement logé dans une cavité du tiroir de distribution et entraînant ce dernier dans son mouvement de va-et-vient. Le tiroir est assuré sur son siège par un ressort plat prenant appui sur le couvercle de la boîte de distribution. Une roue à cliquet C logée dans le fond du cylindre porte une tige à rainures hélicoïdales pénétrant dans le piston postérieur. Ce système bien connu provoque la rotation de la tige du piston.

La machine est portée par un châssis muni de deux glissières en forme de V dans lesquelles elle coulisse, dans le mouvement d'avancement produit par la vis sans fin V.

La section transversale montre la constitution des glissières et de la roue à cliquet.

Un système d'écrous E permet de regagner l'usure qui peut se produire à la longue dans les glissières G.

La machine se monte sur des barres ou des trépieds, sans particularité.

Les types courants sont les suivants :

Diamètres (cylindre)	63^{mm}	76^{mm}	89^{mm}	93^{mm}
Poids.....	50^{kil}	88^{kil}	133^{kil}	155^{kil}
Profondeur du trou	2^{m}	4^{m}	6^{m}	7^{m}

Le fonctionnement est semblable à celui des machines analogues. Le coup est sec et non amorti. La machine est robuste et conviendrait particulièrement aux forages dans les roches dures.

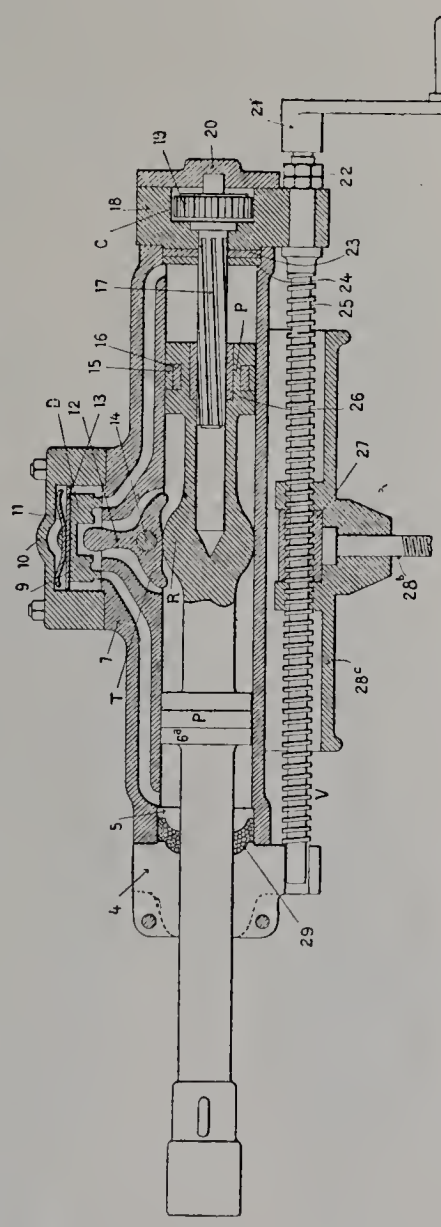
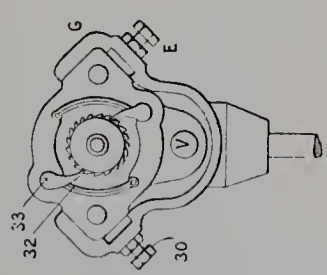


Fig. 19. — Perforatrice Hollmann à air comprimé «The Cornish».



Perforatrice J. François.

La perforatrice exposée par M. Joseph François, de Seraing, est un appareil à air comprimé dit «bosseyeuse». Elle est représentée dans le dessin annexé (fig. 20). Elle présente des dispositions particulières pour le guidage de la soupape et les coussins destinés à amortir les coups.

La soupape est constituée par un tiroir de distribution C guidé par les pistons D et D′ de diamètre différents. Le piston D′ entre dans un corps de cylindre qui peut com-

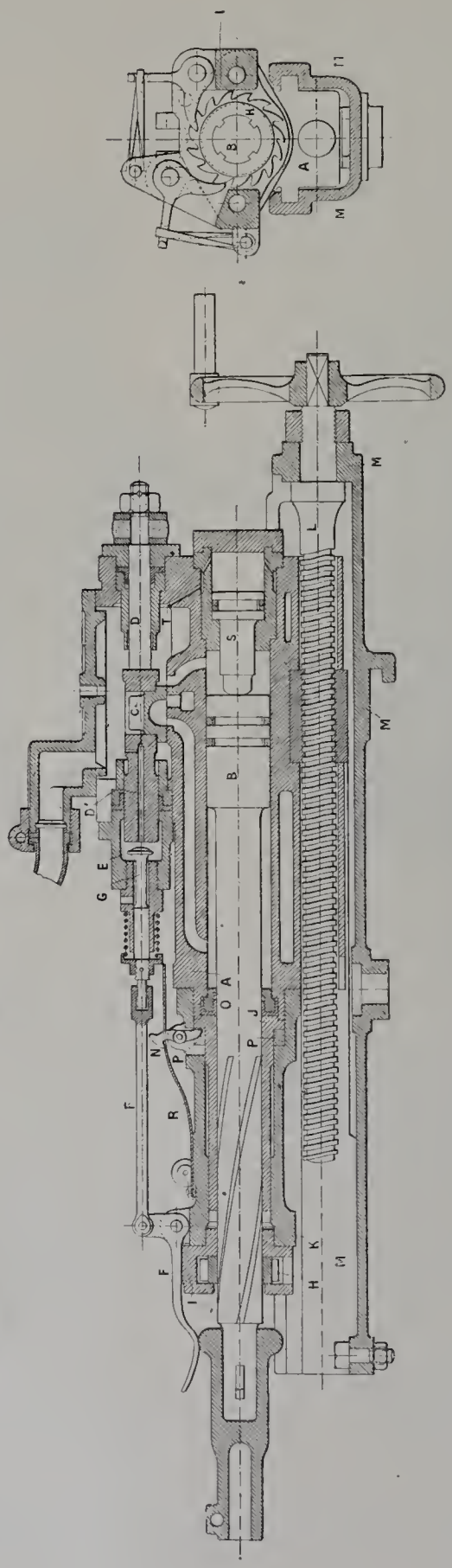


Fig. 20. — Perforatrice J. François. Coupes longitudinale et transversale.

A. Cylindre de la perforatrice.
B. Piston portant le fleuret.
C. Tiroir de distribution d'air.
D, D'. Deux pistons de diamètres différents.
F. Chambre d'air comprimé communiquant avec la chapelle.
E. Pédale ouvrant la soupape G.
G. Soupape de sortie d'air.
H. Roue à rochets.
I. Boîte portant la roue à rochets et ses contre-rochets.
J. Guide supportant la tige du piston.
K. Support fixé au cylindre.
L. Vis pour avancer ou reculer le perforateur.
M. Support du cylindre de la perforatrice.
N. Came de sûreté.
O. Bague fixant le cuir embouti.
P. Matelas circulaire en caoutchouc.
R. Ressort d'arrêt.
S. Contre-piston utilisant le choc en retour.
T. Conduit établissant la pression derrière le contre piston.

muniquer avec la chapelle d'admission par des petits canaux creusés dans le piston. Le fond de ce cylindre est muni d'une soupape G mue par la pédale F. Lorsque le piston B de la perforatrice est à fond de course et prend son mouvement de lancé, un bourrelet porté par le porte-outil, alors en contact avec la pédale F, quitte cette pédale qui retombe, la soupape G se ferme et l'air comprimé, ne s'écoulant plus par l'orifice de cette soupape, agit sur la grande face du piston D′ et refoule ce dernier, changeant alors le sens de l'admission. Le piston qui a frappé son coup revient alors; le bourrelet, à la fin de la course, relève la pédale F, la soupape G s'ouvre, créant une dépression en E, et le piston D′ est refoulé en E admettant de nouveau l'air sur la tête de B.

La perforatrice comporte deux coussins destinés à amortir les chocs dans le cylindre.

A l'avant se trouve un cylindre guide J portant un rebord qui est séparé du rebord correspondant de la monture K par un anneau de caoutchouc P. Si la tête du piston vient frapper le fond du cylindre, J cède en comprimant l'anneau P. Dans ce mouvement, une came N se

déplace et déclenche le ressort de sûreté R qui, prenant appui sur la soupape G ouverte, l'empêche de se refermer, provoquant ainsi un arrêt instantané de la perforatrice.

A l'arrière du cylindre, le coussin de choc est formé par le piston secondaire S logé dans un petit cylindre qui communique avec la chapelle par de petits canaux. Le piston B venant à frapper S, celui-ci rentre vivement dans son logement en comprimant l'air qui ne peut s'échapper suffisamment par les canaux étroits T. Cet air forme matelas et accentue l'énergie du renvoi du piston au coup suivant.

On voit que dans ce système le fonctionnement de l'appareil peut s'effectuer sûrement, même dans le cas d'une usure assez notable des organes principaux. L'avancement se fait à la main et la rotation par la roue à rochet ordinaire placée à l'avant de l'appareil, les rainures hélicoïdales étant portées par la tige du piston.

Ces bosseyeuses sont montées sur des affûts spéciaux, système François, dont un type est représenté par une autre planche. La bosseyeuse (dite de « sept », c'est-à-dire diamètre du cylindre = 7 centimètres) [fig. 21] est montée à une extrémité d'un balancier $B_1 B_2 B_3$, muni à l'autre extrémité B_3 d'un contrepoids convenable. Ce balancier est mobile

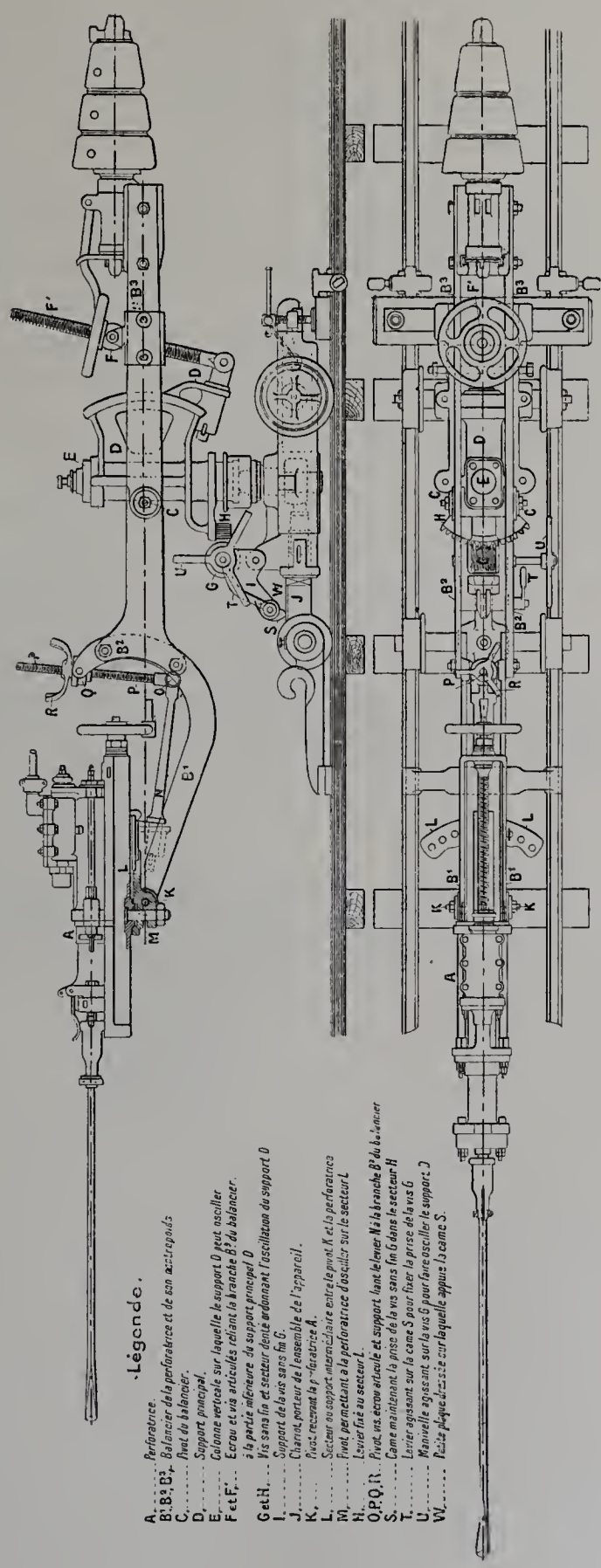


Fig. 21. — Perforatrice J. François sur affût dite « bosseyeuse de sept ».

autour d'un axe C qui fait partie d'un manchon entourant une colonne ou axe vertical E porté par un truck. Les différents mouvements de rotation sont donnés : à la bosseyeuse par la vis sans fin P ou par le secteur à goupille L, au balancier par la vis F', et au manchon par la couronne dentée H.

Le truck se cale en plaçant à l'arrière un bois de calage arrêté par deux pinces qui enserrent les rails ; on enlève ensuite de leur axe les roues de devant et le nez du truck vient alors s'appuyer sur les rails, tandis qu'au moyen de vérins à vis portés par l'arrière on soulève, sur le bois de calage, la partie arrière du truck, les roues d'arrière quittant alors les rails.

D'après M. François, il faut environ dix minutes pour amener l'affût au front de taille et le mettre en batterie ; cinq minutes suffisent, par contre, pour la remise sur rails et le garage à 30 mètres de distance.

3° PERFORATRICES ÉLECTRIQUES.

Perforatrice à rotation Siemens et Halske.

La perforatrice à rotation Siemens et Halske (fig. 22) pèse environ 32 kilogrammes. Elle possède un mouvement d'avancement automatique qui se règle lui-même d'après la dureté des roches traversées.

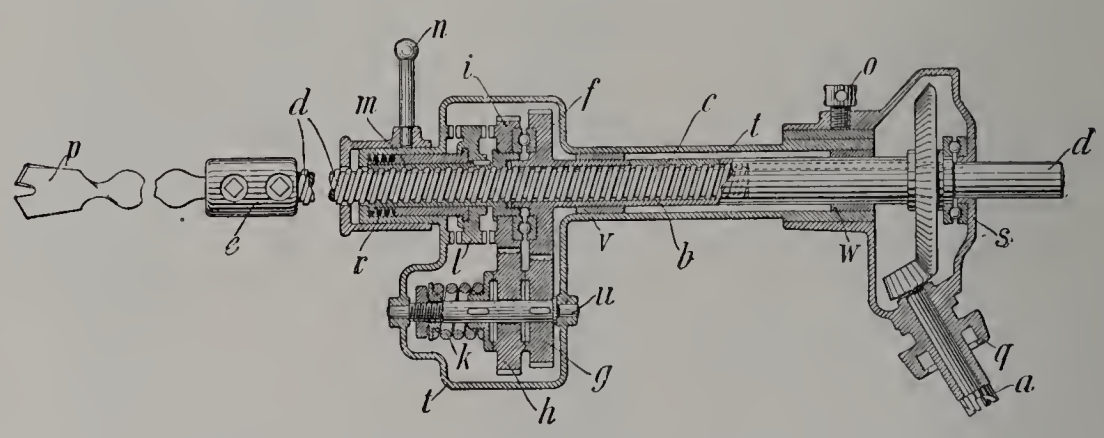


Fig. 22. — Perforatrice électrique Siemens et Halske à rotation.

Elle est mue par un moteur électrique fixé directement sur elle, ou placé à côté dans une caisse étanche et lui communiquant son mouvement par l'intermédiaire d'un flexible. Nous parlerons du moteur et des accessoires ultérieurement ; ce sont les mêmes que pour la perforatrice à percussion.

La perforatrice à rotation Siemens et Halske se compose d'un axe central à vis *d* qui passe dans un cylindre *b* qui lui sert de guide et qui reçoit le mouvement de rotation du flexible accouplé en *a*, par l'intermédiaire d'un engrenage conique. L'axe *d* passe en outre dans un écrou *m*. Le cylindre *b* est relié à cet écrou par l'intermédiaire d'un système de roues *f*, *g*, *h* et *i*, calculées de façon à ce que le mouvement de rotation de l'écrou

soit supérieur à celui de la vis *d*. Les deux roues *g* et *h* sont montées sur le même axe *u*, sur lequel la roue *g* est calée. La roue *h*, au contraire, est folle. Elle ne participe à la rotation de *g* que par la friction d'un disque actionné par un ressort *k*.

Lorsque le fleuret *p* qui termine la barre *d* rencontre une résistance particulière, la vis ne pouvant avancer, l'écrou ralentit son mouvement et la roue différentielle *h* frotte contre son disque.

Une autre roue *l* entoure l'écrou et est fixée sur l'extrémité d'un cylindre emboîté sur lui. Cette roue *l* tourne en même temps que la roue *i*; elle possède une couronne dentée latérale susceptible d'engrener avec une autre couronne dont est muni le fond du bâti.

Un ressort *r* écarte la roue *l* de cette couronne. Un système d'embrayage ou de débrayage à levier permet de mettre la roue *l* en contact avec la couronne du bâti. Alors *l* s'arrête, immobilisant l'écrou, et la vis revient en arrière à toute vitesse. Pour éviter de briser la tête de la vis sur le bâti dans le cas où le débrayage ne serait pas fait à temps, l'extrémité du bâti est munie d'une coiffe *z*. La tête de l'outil venant à buter contre cette coiffe, celle-ci s'enfonce et, agissant sur le levier, débraye automatiquement l'écrou.

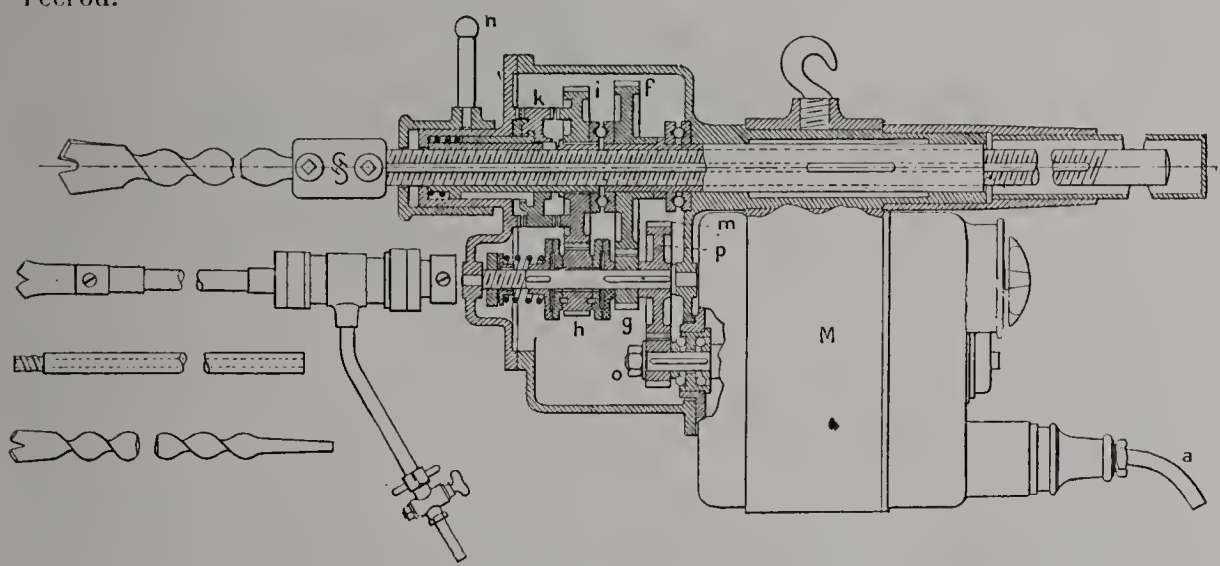


Fig. 23. — Perforatrice à rotation mue directement par moteur électrique.
Distribution d'eau pour l'injection.

Cette perforatrice absorbe, suivant la dureté des roches, de 700 à 1,000 watts. Elle peut forer, dans les minettes, 30 à 40 centimètres par minute. Le mouvement d'avancement dont on dispose est d'environ 1 mètre.

Cet appareil peut recevoir des mèches creuses à injection d'eau. L'eau est amenée latéralement par un manchon placé devant la tête de l'outil.

Ce manchon est muni intérieurement d'une cavité annulaire destinée à conduire l'eau par des trous latéraux pratiqués dans le perforateur.

Dans le cas où la perforatrice est mue directement (fig. 23) par un moteur M fixé sur le bâti, on supprime les engrenages coniques et on actionne la roue *g* qui devient motrice par un train *p*, *o*, *o* recevant directement le mouvement du moteur.

Perforatrice à percussion Siemens et Halske.

La perforatrice à percussion Siemens et Halske (fig. 24) recoit son mouvement d'un flexible actionné par un moteur électrique.

L'avancement se fait à la main au moyen d'une manivelle. Une disposition particulière permet le mouvement même quand l'outil se trouve coincé. Enfin elle permet l'introduction et l'enlèvement du fleuret par la culasse.

La partie caractéristique de cet appareil est le mode d'accouplement élastique du piston à la partie motrice.

L'appareil est contenu dans une boîte-bâti *n* coulissant au moyen de deux rails dans le support. Le mouvement d'avancement dans la glissière est donné à la main par une manivelle M agissant sur une vis *o*, qui traverse un écrou porté par le support.

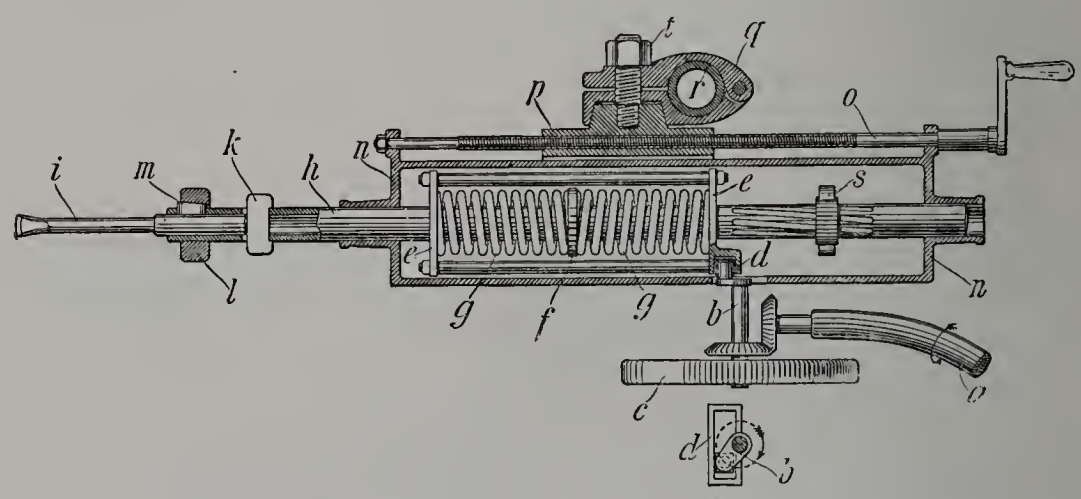


Fig. 24. — Perforatrice électrique Siemens et Halske à percussion.

Le bâti renferme un cadre *e* qui peut glisser dans son intérieur. Le mouvement de va-et-vient du cadre est obtenu au moyen d'un bouton de manivelle *d*, actionné par l'axe *b*, qui reçoit lui-même son mouvement de rotation du flexible *a* par engrenage conique. L'axe *b* est terminé par un volant *c*. Le cadre *e* est traversé par la tige creuse du perforateur, portant en son milieu un disque *f*. De chaque côté du disque se trouve un fort ressort *g* prenant appui sur le disque et sur le cadre. A une extrémité de la tige centrale on fixe le fleuret *i* par l'intermédiaire d'un coin *m* et d'une clavette *k*. A l'autre extrémité de la tige se trouve le système de rotation, simple, se composant d'un écrou *s* engrenant dans des rainures hélicoïdales à long pas portées par la tige. Chaque fois que l'écrou porte sur le fond il s'arrête et la tige continuant son chemin est obligée de tourner.

La bielle en tournant donne un mouvement de va-et-vient au cadre. Celui-ci communique ce mouvement à la tige centrale par l'intermédiaire des ressorts. Cette disposition donne à la tige une course plus grande que celle de la bielle.

Celle-ci, ainsi que le cadre, peut donc continuer son mouvement même lorsque la

mèche reste prise dans le trou. La machine travaille alors à vide grâce à la force vive du petit volant.

Les ressorts, d'autre part, par leur détente augmentent l'impulsion donnée par la machine au fleuret. Ils servent de coussin élastique entre le fleuret et la machine, absorbant les vibrations et les réactions possibles.

Par l'enlèvement du coin *m* et de la clavette *k* on peut retirer le fleuret par l'intérieur de la tige creuse *h*.

Cet appareil pèse environ 90 kilogrammes sans le volant, mobile, qui a un poids de 20 kilogrammes.

Il absorbe environ 1 cheval 1/3 (1,000 watts en moyenne). Il peut forer des trous de 80 à 100 millimètres de profondeur sur 35 millimètres de diamètre par minute dans le granit dur et 200 à 350 millimètres dans le grès.

Pour une canalisation allant jusqu'à 3,000 mètres, une force électromotrice, variant de 110 volts (500 mètres) à 330 volts, suffit pour les courants continus. Au delà, le courant alternatif ou triphasé est employé de préférence. Les moteurs Siemens et Halske sont construits pour 50 périodes.

Accessoires. — Les accessoires des appareils Siemens et Halske pour la transmission du mouvement comprennent les appareils suivants :

1° Moteur — Le moteur électrique est renfermé dans une caisse étanche en bois, recouverte d'un couvercle en tôle d'acier (fig. 25). Cette caisse est montée sur châssis en fer et munie de deux poignées. Avec le moteur et ses accessoires elle pèse environ 100 kilogrammes et peut être transportée par deux hommes.

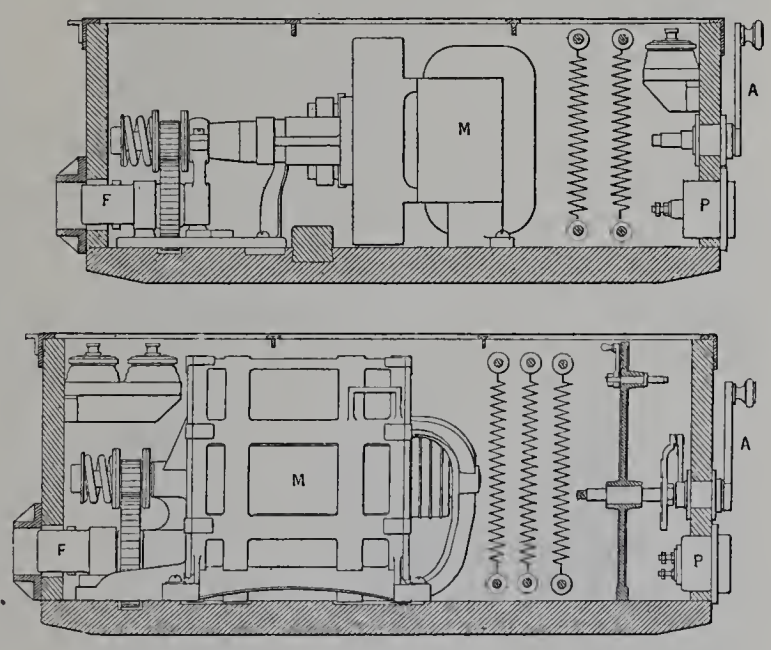


Fig. 25. — Caisse et moteur électrique pour perforatrices Siemens et Halske.

Les figures annexes reproduisent la disposition F intérieure de ces boîtes avec leur moteur.

Sur une des extrémités de la boîte se trouve le raccord F pour le flexible. Sur l'autre est placée une prise de courant bipolaire ou tripolaire (triphasé) P; une manette A située près d'elle règle les résistances de démarrage dont le moteur est muni. La caisse renferme de plus des bouchons fusibles et un commutateur bipolaire (courant triphasé).

2° Conducteurs. — Les conducteurs qui relient le moteur à la ligne générale de la

mine sont portés par un tambour spécial (fig. 26). Ils sont réunis à deux ou trois (triphasé) dans un câble unique isolé au caoutchouc. Un bout du câble aboutit à une prise de courant placée sur le bâti du tambour. Celui-ci porte 50 à 60 mètres de câble (ou 100 mètres pour les carrières). L'autre bout libre du câble porte la prise de courant destinée à être fixée à la caisse à moteur.

3° Flexible. — Le flexible sert à communiquer le mouvement du moteur à l'appareil. Il comprend une âme mobile formée de huit spirales disposées l'une sur l'autre en sens inverse, et une enveloppe protectrice immobile et souple, composée d'une spirale de fil de fer recouverte de cuir. Ces deux parties sont reliées la machine et au moteur par des raccords simples et facilement démontables.

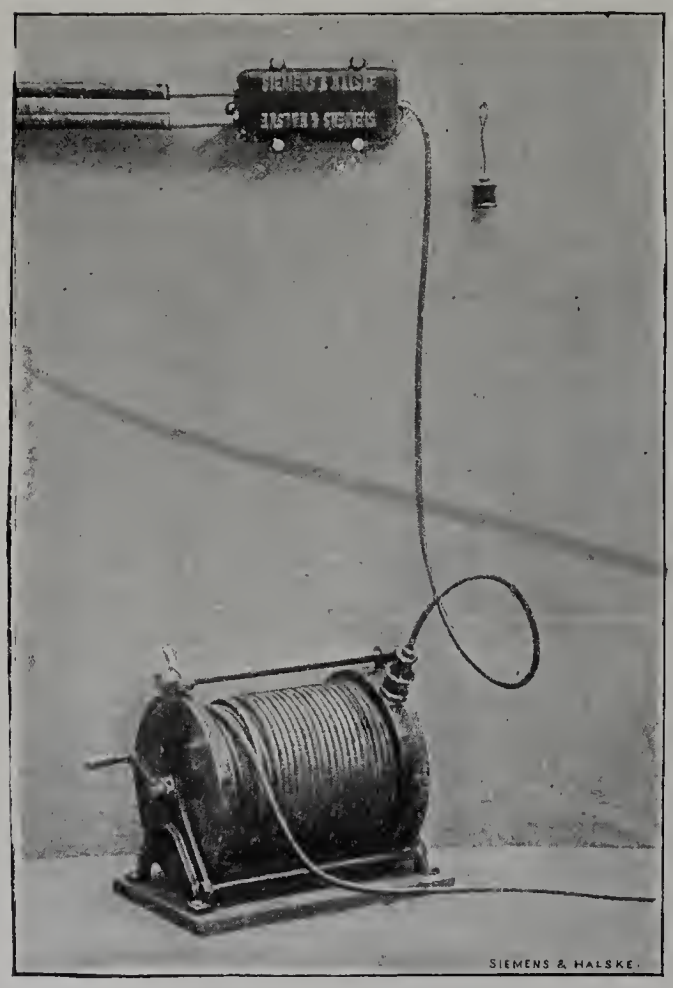


Fig. 26. — Tambour d'enroulement des câbles électriques desservant les perforatrices électriques Siemens et Halske.

Perforatrices électriques Bornet à injection d'eau.

M. Bornet a réalisé des types de perforatrices à rotation et à percussion à commande électrique, munies en outre d'un dispositif permettant l'injection d'eau dans le fleuret pendant le cours du travail.

Ces types sont intéressants, ils sont pratiques et ont donné d'excellents résultats tant au point de vue du fonctionnement général qu'à celui de l'injection d'eau.

Voici quelques détails sur chacun de ces appareils :

1° *Perforatrice à rotation.* — Cette perforatrice (fig. 27) est dite « Cantin renforcée à injection d'eau ». Elle possède un avancement automatique, muni d'un récupérateur élastique à puissance limitée suivant la dureté des roches à traverser.

Elle est représentée par le dessin annexe. Sur le tube porte-outil *t* est calée une roue dentée *b*, que commande un pignon *a*, actionné par le moteur électrique au moyen d'une liaison à la Cardan.

L'arrière du tube porte-outil forme écrou en prise avec la vis d'avancement *v*. Cette vis porte un épaulement arrière *d* sur lequel prennent appui des ressorts à coupelles *r*, s'appuyant de l'autre côté sur le chemin de roulement à billes *e*. La vis *v* traverse l'inté-

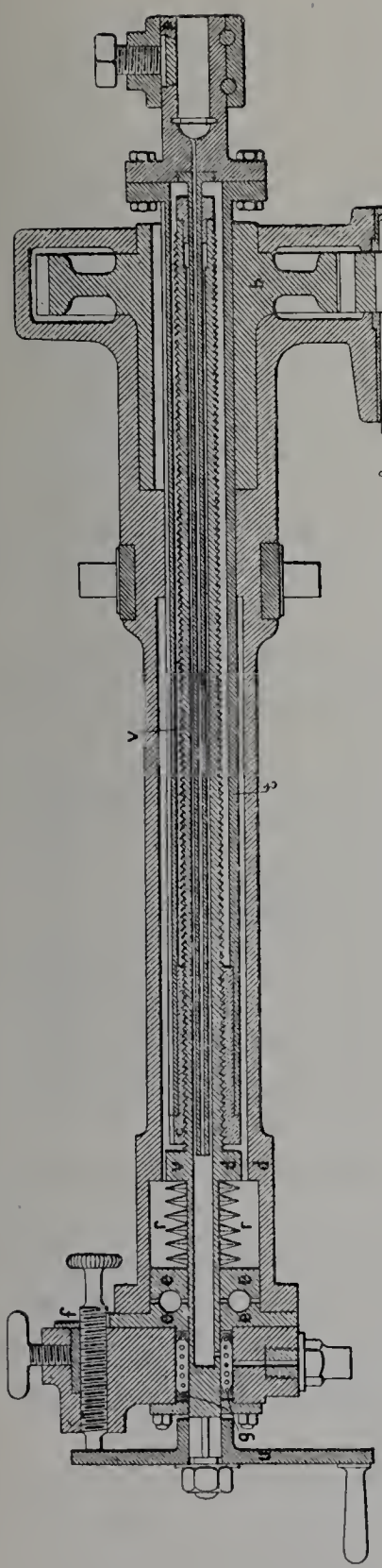


Fig. 27. — Perforatrice Bornet à rotation.

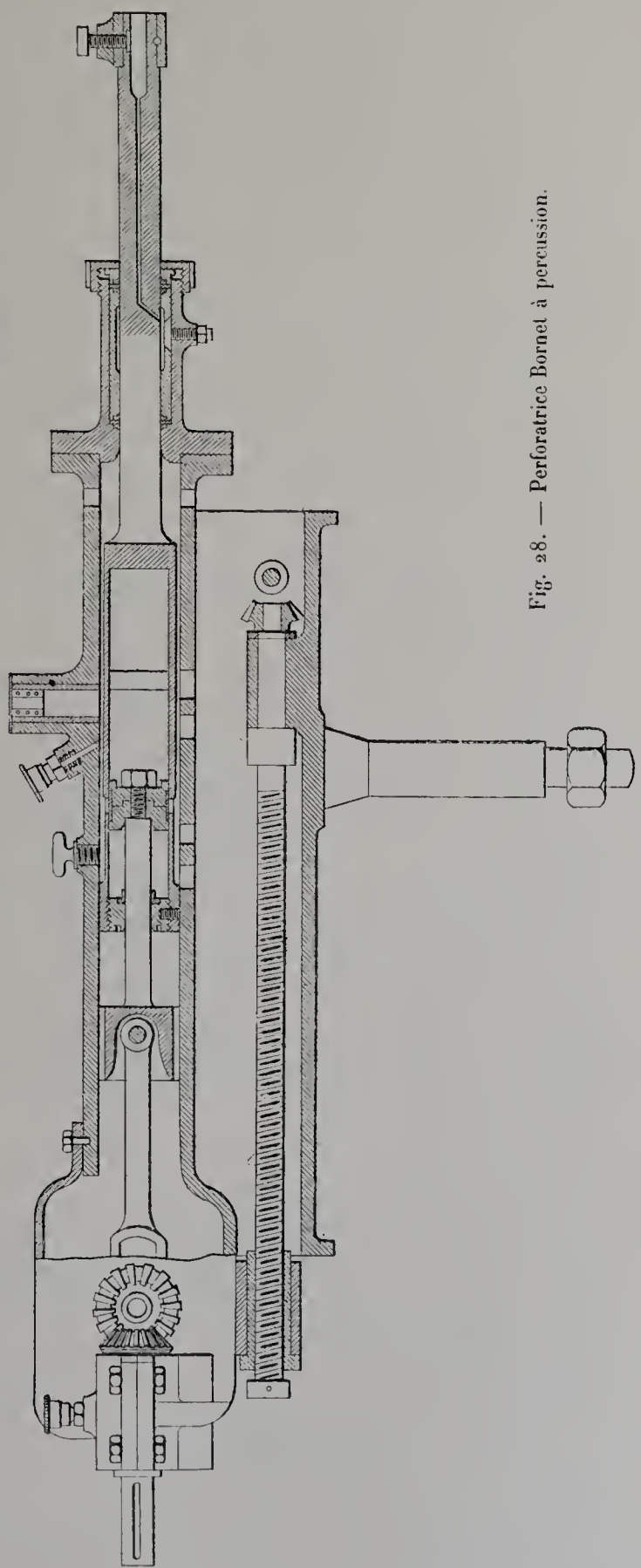


Fig. 28. — Perforatrice Bornet à percussion.

rieur des ressorts et l'arrière du bâti au moyen d'un prolongement aboutissant à un tourne-à-gauche *u* qui peut être retenu par un verrou de butée *f*.

On voit que, par la rotation du tube porte-outil, l'avancement se produit automatiquement, la vis étant maintenue par le tourne-à-gauche. Si une résistance particulière est rencontrée par l'outil, le tube produit une réaction telle sur la vis, que celle-ci recule en comprimant les ressorts. Si cette résistance est suffisante, la vis, en reculant toujours, dégage le tourne-à-gauche du verrou et tourne en même temps que l'outil. Celui-ci est maintenu sur la roche par les ressorts. Dès que le fleuret a vaincu l'obstacle, ces ressorts ramènent le tourne-à-gauche en contact avec le verrou et l'avancement automatique se reproduit.

On peut limiter cette action des ressorts en effaçant plus ou moins le verrou *f*.

L'injection d'eau se fait par l'intérieur même du fleuret. A cet effet la culasse du bâti possède un ajutage à vis, communiquant avec une boîte cylindrique entourant le prolongement de la vis et rendue hermétique au moyen de cuirs emboutis maintenus par un ressort. La vis d'avancement, d'autre part, est percée d'un trou central en communication, par un orifice latéral, avec cette boîte. Dans ce trou central se meut un long tube fixé au porte-outil et entrant dans la vis par un joint étanche. Le porte-outil est creux ainsi que le fleuret.

2° *Perforatrice à percussion.* — La perforatrice à percussion (fig. 28) à commande électrique est composée d'un bâti cylindrique dans lequel se meut un piston creux portant la tige porte-outil.

Ce piston creux forme corps de cylindre dans lequel se meut un second piston dont la tige traverse le fond arrière du corps de cylindre et aboutit à une glissière articulée à une bielle mise en mouvement par un arbre coudé mû par engrenage. Un moteur électrique donne le mouvement par l'intermédiaire d'une liaison à la Cardan.

On voit que le corps de cylindre forme deux chambres à air, en avant et en arrière du piston. Le mouvement de va-et-vient est donc communiqué au cylindre porte-outil par l'intermédiaire de ces deux coussins d'air formant liaison élastique. Cette disposition permet une certaine latitude de course au cylindre percuteur malgré la position invariable du piston moteur.

Nous ne dirons rien sur l'avancement et la rotation de l'outil qui s'obtiennent par les procédés ordinaires.

L'injection d'eau s'opère au moyen d'une boîte à injection particulière disposée à l'avant de l'appareil. Elle se compose d'un manchon en acier portant à l'intérieur une boîte en bronze évidée et formant chambre d'eau circulaire autour de la tige du cylindre porte-outil qui la traverse. En avant et en arrière se trouvent des garnitures de cuir évitant les fuites.

La tige porte-fleuret est percée d'un trou central aboutissant à un orifice latéral qui passe à chaque coup dans la chambre à eau. Il y a donc introduction d'eau dans la tige et le fleuret, avant, pendant et après le choc, d'où nettoyage complet du fond du trou.

L'eau est amenée sous pression (3 kilogrammes environ) par un raccord communiquant à un réservoir.

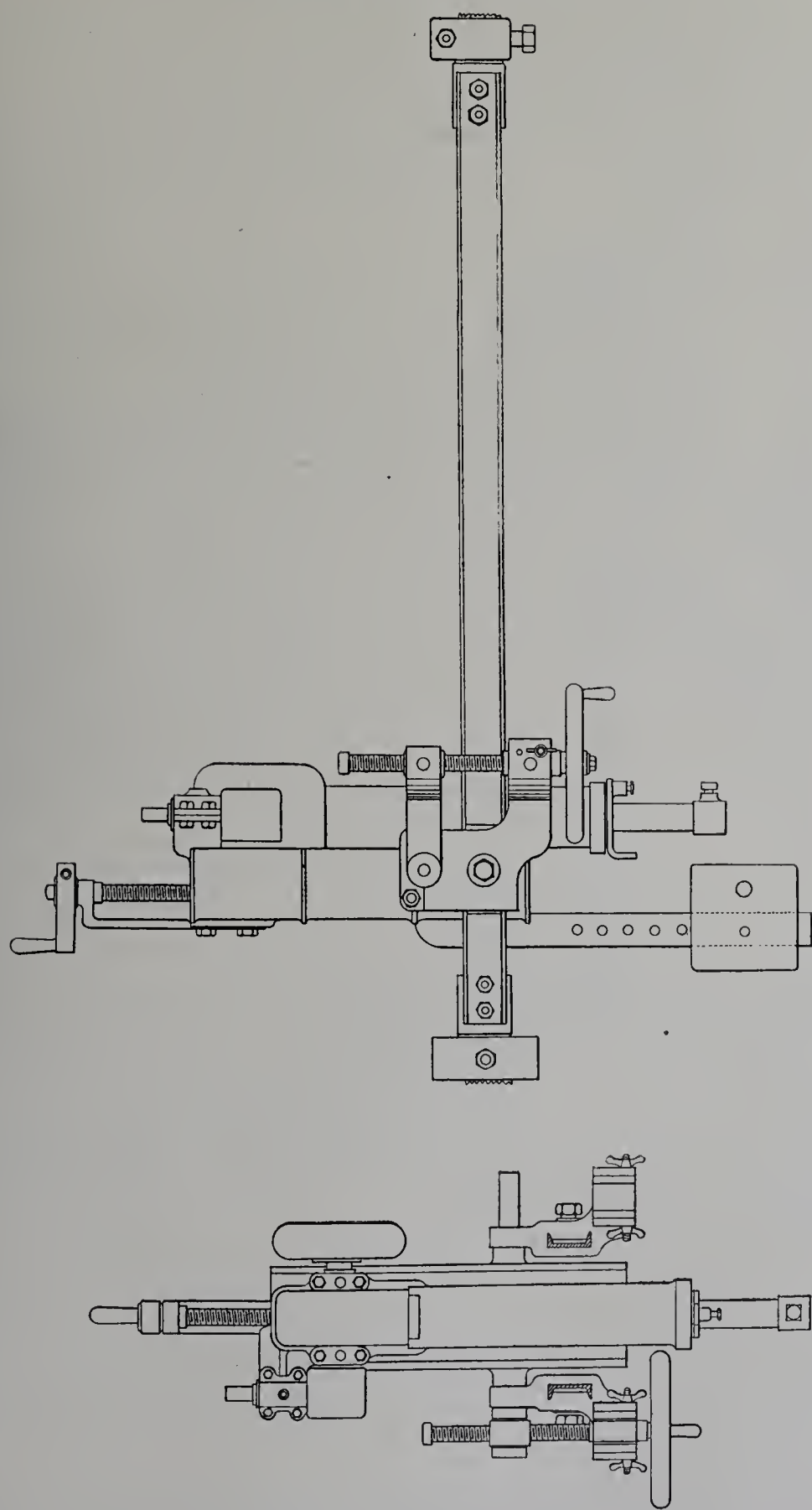


Fig. 29. — Hâveuse à percussion système Bornet.

IMPRIMERIE NATIONALE.

L'injection d'eau par le système Bornet a une influence très sensible sur le rendement des perforatrices. Il dégorge le fond du trou, empêche l'encrassement de l'outil, qui frappe toujours la roche nue sans que le coup soit amorti par des débris; il rafraîchit l'outil en permettant une rapidité de rotation ou de percussion plus grande. Enfin il évite le dégagement des poussières, ce qui rend le travail plus aisé dans certains cas pour les ouvriers.

Les essais faits par les mines d'Anzin, en 1895, avec et sans injection d'eau, ont donné les résultats comparatifs suivants :

INJECTION AUTOMATIQUE D'EAU AU FOND DES TROUS DE MINE EN FORAGE PAR LES FLEURETS CREUX (*SYSTÈME C. BORNET*).

(Compagnie des mines d'Anzin. — Résultats des expériences de novembre-décembre 1894 et janvier 1895.)

MACHINES.	NATURE des ROCHES.	DURÉE DU TRAVAIL. PERFORATION.	DURÉE DU TRAVAIL. MINES ET DÉBLAIS.	LONGUEUR TOTALE DES TROUS FORÉS.	AVANCEMENT du TRAVERS-BANC.	PRIX DE REVIENT du MÈTRE DE GALERIE.
		heures.	heures.	mètres.	mètres.	francs.
Perforatrice marchant à sec.	Schistes.....	289	424	1,037 00	42 00	57 50
	Grès durs....	444	396	1,258 35	41 90	87 30
Perforatrice à injection d'eau.	Schistes.....	98	346	838 00	35 00	45 30
	Grès durs....	131	242	788 00	26 50	70 10

La dureté des schistes et des grès était la même dans les deux cas.

Résumé : Longueur des forages par heure :

Schistes	Perforatrice à sec.....	3m60
	Perforatrice à injection d'eau.....	8 55
Grès...	Perforatrice à sec.....	2 83
	Perforatrice à injection d'eau.....	6 01

Les fleurets creux sont obtenus au laminoir par un procédé spécial.

Hâveuse. — La perforatrice à percussion peut être employée au hâvage (fig. 29). Dans ce but, M. Bornet a réalisé un bâti qui permet de faire osciller la perforatrice sur l'axe de suspension. (Voir le dessin annexé.)

Affûts. — Tous ces appareils peuvent être montés sur des affûts divers; nous donnons le dessin d'un de ces types.

L'affût (fig. 30) est porté sur un chariot allant sur voies ferrées. Il comprend un balancier sur une des extrémités duquel est placé le moteur électrique, tandis que l'autre extrémité porte la perforatrice. Celle-ci peut être immobilisée pendant le travail par une colonne prenant appui sur le terrain. Cet affût permet de travailler dans des galeries ne dépassant pas 1 m. 25 de largeur.

D'autres affûts à deux ou trois perforatrices ont été réalisés. Ils sont plus encombrants et ne peuvent guère être employés que dans les galeries mesurant 2 mètres sur 2.

Perforatrice électrique à percussion, système Dulait et Forget.

La perforatrice Dulait et Forget se compose d'un cylindre qui se fixe par des pivots aux mâchoires d'un affût. Ce cylindre est traversé par la tige porte-fleuret se terminant en avant par la douille porte-outil, et en arrière par une longue tige filetée. Sur cette tige filetée se trouve un écrou à glissière muni à sa partie inférieure d'un galet vis-à-vis duquel se trouve une came à axe vertical animée d'un mouvement de rotation rapide. Cette came en tournant repousse le galet de l'écrou et celui-ci est ramené en arrière en comprimant à chaque tour un fort ressort contenu dans le cylindre de la perforatrice, ressort qui provoque le mouvement de percussion du fleuret. Pour amortir les chocs de reprise du galet et de la came, on a disposé sur le même arbre que cette dernière un volant compensateur formé de deux parties réunies entre elles par des ressorts.

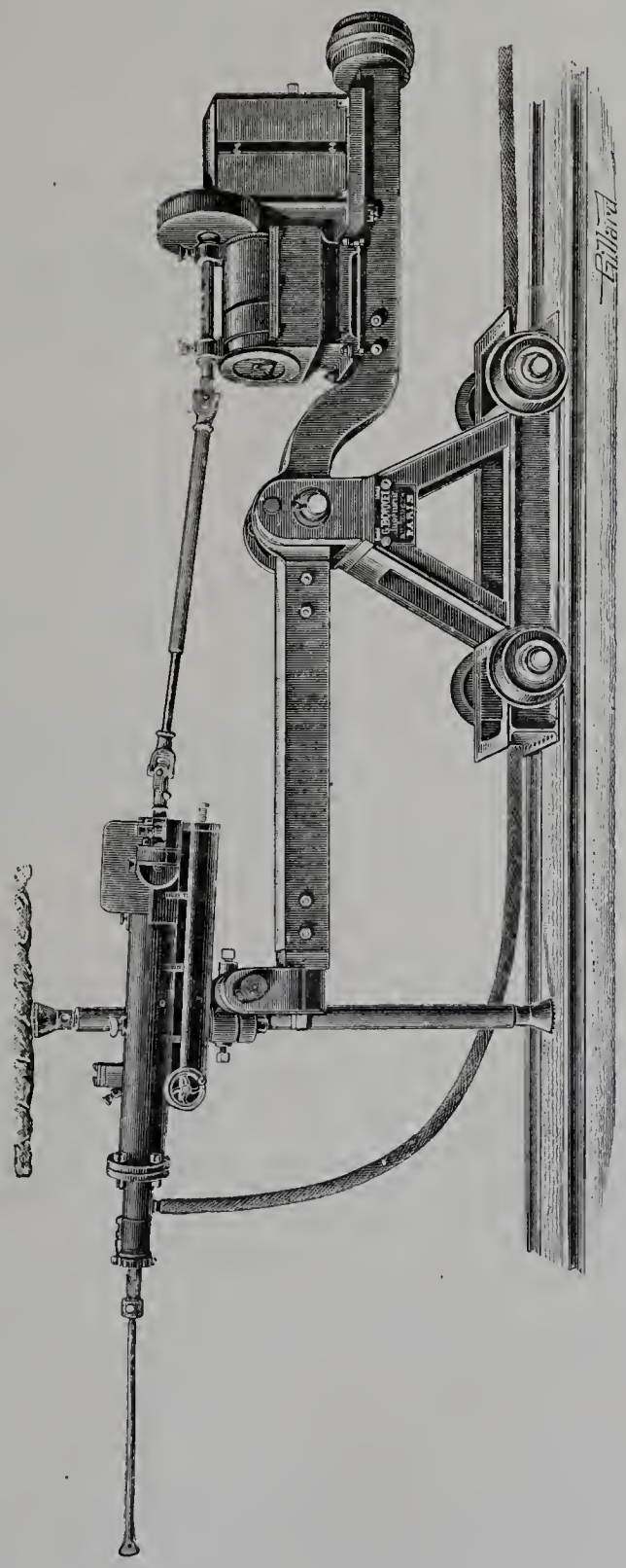


Fig. 30. — Affût à une perforatrice à percussion à injection d'eau, système Bornet, mue par l'électricité.

Le mouvement d'avancement s'obtient au moyen d'un volant placé sur le bâti et traversé par la tige filetée. Celle-ci porte une rainure longitudinale dans laquelle entre une clavette fixée dans le moyeu du volant. Le volant en tournant entraîne dans sa rotation la tige filetée par l'intermédiaire de cette clavette. Celle-ci tournant dans l'écrou, qui est maintenu par ses glissières, est obligée d'avancer dans ce dernier.

La came motrice est calée sur un arbre qui reçoit son mouvement d'un moteur élec-

trique placé sur l'affût et auquel il est relié par un flexible. Ce moteur peut d'ailleurs être porté par un chariot spécial, lorsque la perforatrice est fixée sur un affût simple.

La perforatrice n° 2 emploie un moteur de 1 HP 1/2 et donne 420 coups à la minute; elle emploie un ressort de 80 kilogrammes. Elle pèse avec son affût 130 kilogrammes. Elle donne un avancement de 7 à 8 centimètres à la minute (trous de 25/30 millimètres) dans les roches de dureté moyenne et 10 à 12 centimètres dans les roches tendres.

Un autre type (n° 4) possède un moteur de 4 HP (ressort de 120 à 180 kilogrammes; poids avec affût: 267 kilogrammes). Ce type est destiné aux roches très dures. Il peut forer des trous de 45/50 millimètres; pour des diamètres de 30/35, il donne des avancements de 6 à 8 centimètres dans les roches les plus dures (granits et roches siliceuses), de 10 à 12 centimètres dans celles de dureté moyenne et jusqu'à 18 à 20 dans les roches tendres.

L'affût est simple. Il comprend deux montants tubulaires maintenus à leurs extrémités respectives par deux traverses d'acier portant, l'une la mâchoire à écrou calant l'affût contre le toit de la couche, l'autre deux éperons se fixant dans le sol. Cette dernière est, en outre, munie d'un pivot central à vis et écrou permettant de décaler les éperons de pieds et d'imprimer à la perforatrice et à son affût un mouvement de rotation autour de l'axe vertical de ce dernier.

La perforatrice proprement dite se meut dans un plan vertical perpendiculaire à celui des deux montants de l'affût et peut se caler sur celui-ci à la hauteur désirée. Ce mouvement combiné avec celui de rotation de l'affût permet à l'ouvrier d'attaquer un front de taille dans n'importe quelle direction.

Les dessins annexés montrent la constitution générale de ces appareils.

Perforatrice différentielle, système Colin-Daubiné.

La Société de Constructions mécaniques et Fonderies nancéennes (anciens établissements Bailly) exposait une perforatrice différentielle à rotation qui permet de donner à l'avancement toute la vitesse que comporte la dureté de la roche à forer, au moyen d'un frein à main réglable à volonté.

La perforatrice se compose essentiellement d'une vis et d'un écrou, et son fonctionnement convenable résulte des vitesses différentielles de ces deux éléments.

La figure 31 montre la disposition d'une perforatrice de ce type montée sur truck et mue par l'électricité. La perforatrice proprement dite est représentée en coupe sur le plan.

Perforatrice. — L'appareil est composé de la façon suivante : un cylindre intérieur C portant une rainure longitudinale est vissé dans un écrou-cuvette R. Dans le fond du cylindre se trouve une boîte F terminée par une tige S à tête carrée. Cette tige S traverse l'écrou-cuvette sur lequel elle est fixée par une clavette. La tige S reçoit le mouvement de rotation qui se transmet par l'écrou au cylindre C.

La boîte F (fig. 32) contient un ressort à boudin maintenu par un couvercle formant piston. Ce couvercle reçoit le choc de la vis perforatrice dans le retour en arrière, choc qui est amorti par le ressort.

Dans ce cylindre se trouve une vis mère à deux filets A, se terminant à l'arrière par un piston en acier dont une saillie pénètre dans la rainure longitudinale du cylindre

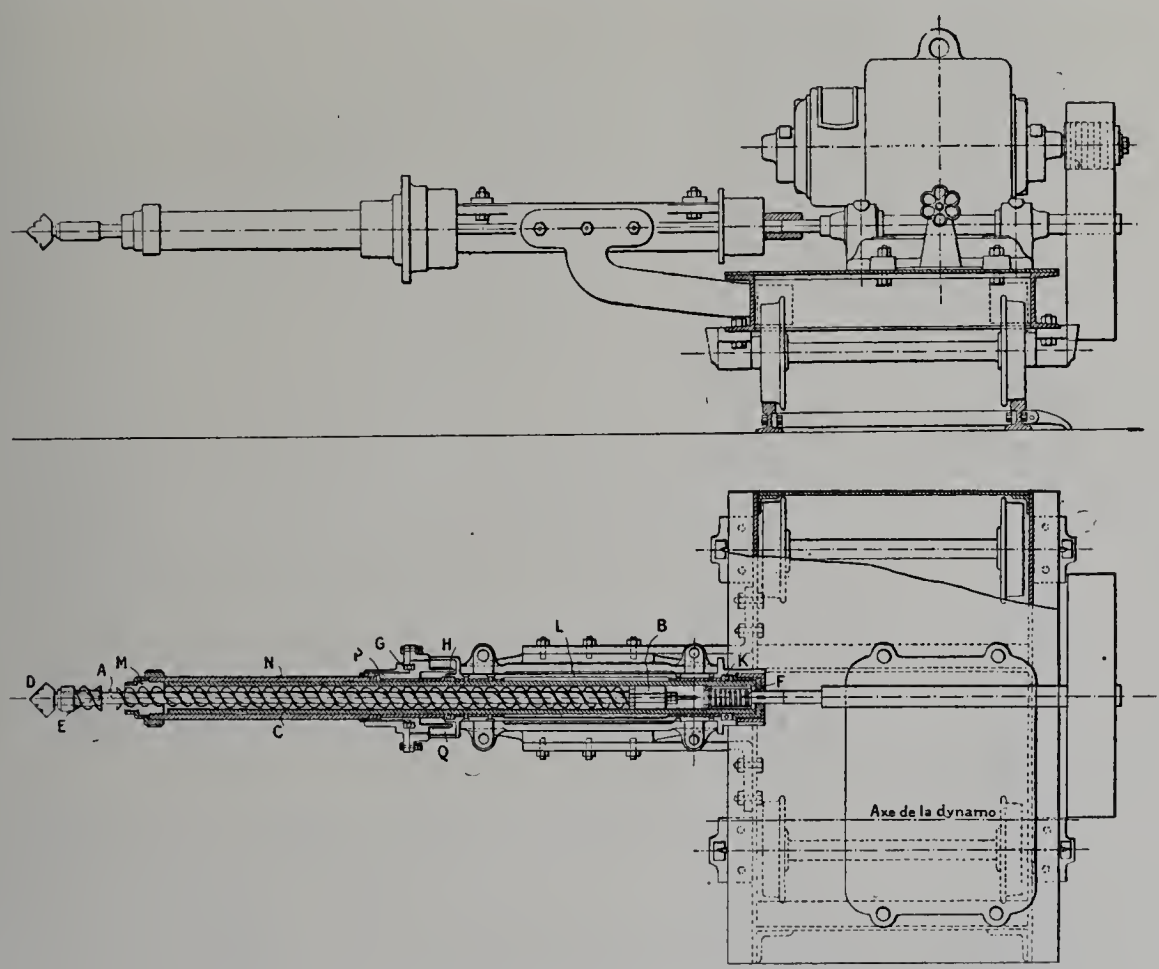


Fig. 31. — Perforatrice différentielle, système Collin-Daubiné, montée sur truck et mue par l'électricité.

A. Vis mère à deux filets.
B. Piston acier avec saillie rectangulaire pour l'entraînement.
C. Fourreau intérieur portant une rainure longitudinale.
D. Mèche ou taillant.
E. Écrou de serrage des mèches.
F. Boîte de fourreau contenant un ressort supprimant le choc au retour rapide de la vis.
GHK. Chemins de roulement et billes acier.
L. Monture fixe en acier pour le support de la perforatrice.
M. Écrou en régule coulé sur la vis et relié à la pièce N.
N. Fourreau extérieur en bronze.
P. Pièce d'action du frein.
Q. Bande de frein.

C, et à l'avant par une tête clavetée portant un écrou E de serrage des mèches D. Cette vis mère est entraînée dans le mouvement de rotation du cylindre C par l'intermédiaire de la saillie du piston B. Elle traverse à la tête de l'appareil un écrou M en régule coulé sur la vis et relié à un fourreau extérieur N en bronze. Ce fourreau est fixé à l'arrière à une pièce d'action P placée dans un manchon porté par le bâti. Cette pièce P porte un prolongement cylindrique sur lequel s'enroule la bande Q d'un frein à levier.

Les roulements des différentes pièces de la machine sont à billes renfermées entre

des chemins de roulement en acier trempé et rectifiés après trempe : en K pour le cylindre C, en G et en H pour la pièce d'action du frein entraînée par l'écrou.

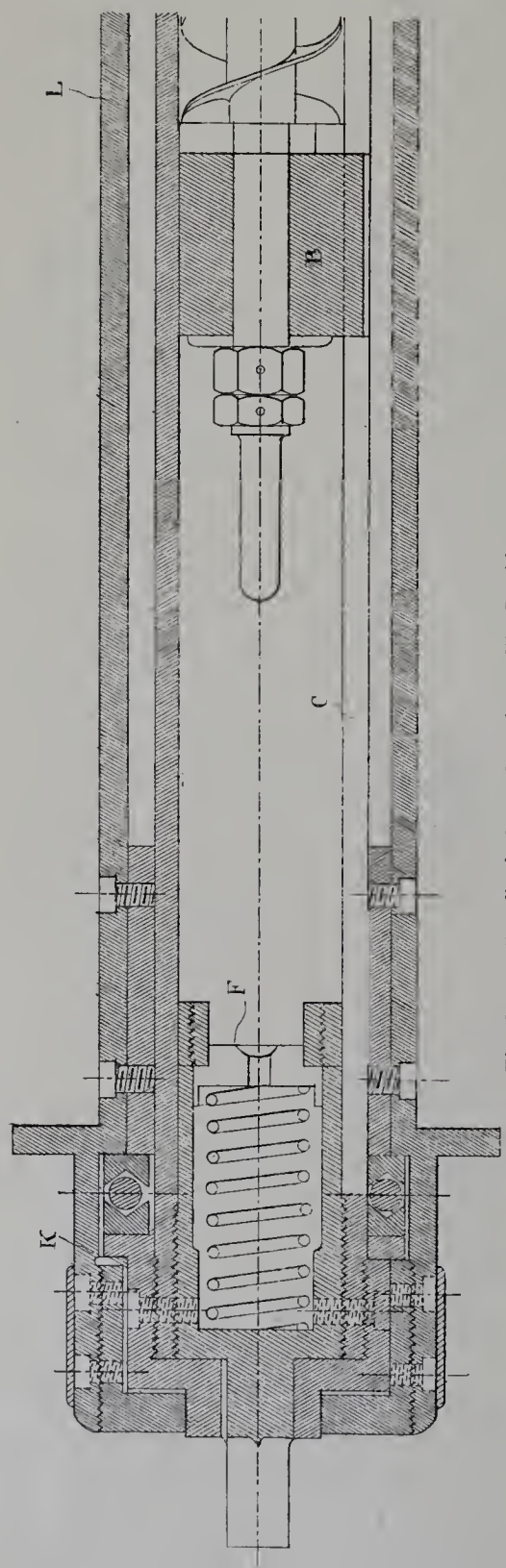


Fig. 32. — Détails de la perforatrice Collin-Daubiné.

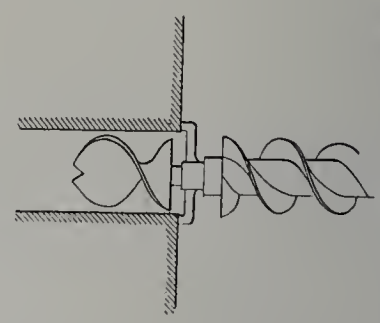


Fig. 34. — Exécution d'un hâvage avec la perforatrice Collin-Daubiné.

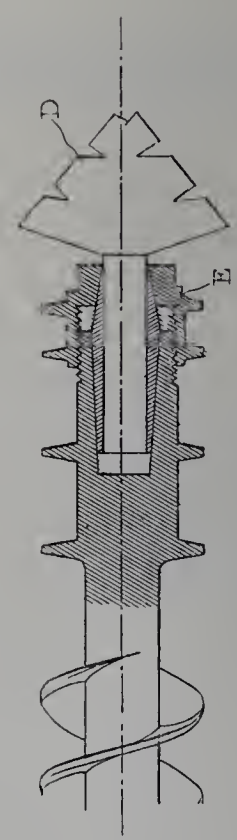


Fig. 33. — Perforatrice Collin-Daubiné. Détails de la mèche.

Fonctionnement. — Le fonctionnement se fait de la façon suivante. Le cylindre C tournant, la vis A est entraînée par son piston B. Si le frein est débrayé, l'écrou M est

à son tour entraîné par A qui tourne sans avancer. Si le frein est actionné, M ralentit sa vitesse et A, ayant une vitesse supérieure, avance dans son écrou; le frein étant bloqué, l'écrou est immobilisé et la vis A avance à toute vitesse.

Il suffit donc d'actionner plus ou moins le frein Q pour augmenter ou diminuer l'avancement de la vis.

Toute la machine est portée sur un bâti qu'on peut placer soit sur un truck, comme le montre la figure 31, avec moteur électrique l'actionnant par engrenage à dents ou à friction, soit sur un affût mobile avec transmission de mouvement par flexible.

Cet appareil est combiné particulièrement pour les roches de dureté moyenne. La vitesse d'avancement est toujours proportionnée à la dureté des passages rencontrés en veine.

Dans le minerai de fer oolithique de Meurthe-et-Moselle, homogène, on arrive à forer 1 mètre en 20 secondes; dans le même minerai dur ou mélangé de rognons marneux ou calcaires, on perce ce même trou de 1 mètre en 50 secondes.

Cette perforatrice permet d'exécuter des hâvages assez rapides. Dans ce but on exécute d'abord une série de trous A, B, C... parallèles, séparés par une faible épaisseur; puis on substitue à la mèche (fig. 34) une fraise qui alèse les trous de manière à être tangents et faire une saignée continue. Cette fraise porte en avant une vis-guide qui assure le centrage de cette deuxième opération.

Pour comparer le travail de hâvage fait par la machine à celui fait à bras d'homme, les constructeurs donnent les chiffres suivants :

Dans les mines de Meurthe-et-Moselle, un mineur arrive à hâver dans sa journée 1 m. 50 de large sur 0 m. 70 de profondeur, soit 1 mètre carré. La perforatrice Colin et Daubiné a permis de haver jusqu'à 3 mètres de largeur à l'heure sur 1 mètre de profondeur avec deux manœuvres.

En pratique il faut compter sur 2 mètres de hâvage à l'heure, soit 20 mètres carrés par journée de 10 heures, soit 10 mètres carrés par homme et par jour, ce qui représente dix fois le travail fait à bras d'homme.

De plus le hâvage est plus profond puisqu'il atteint 1 mètre de profondeur, sans danger pour l'ouvrier qui reste en dehors de la sous-cave.

HÂVEUSES.

Hâveuse Ingersoll.

La hâveuse Ingersoll à percussion se compose essentiellement d'une perforatrice spéciale montée sur une paire de roues et munie de poignées permettant de la diriger et de la maintenir.

Le croquis ci-après (fig. 35) montre la disposition générale de cette machine.

Le piston est relativement court; sa tige est de fort diamètre et passe dans un prolongement du corps du cylindre qui la dirige et la soutient. Son mouvement est donc bien assuré. D'autre part, le fort diamètre de la tige du piston diminue la surface

d'action de l'air dans le recul et produit un mouvement de retour doux et léger. Dans l'impulsion de choc, l'air au contraire agit sur toute la surface du piston.

Le recul du piston est d'ailleurs amorti par un coussin à air porté par la tête arrière du cylindre ou par le coussin à rondelle de cuir que montre la figure. Le coussin est protégé par une rondelle d'acier.

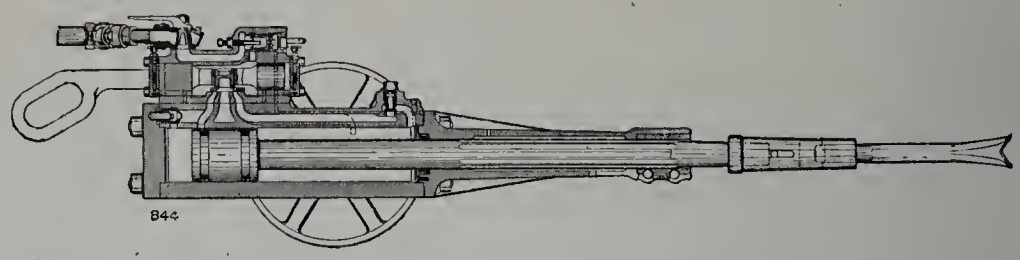


Fig. 35. — Hâveuse Ingersoll, coupe.

La soupape se compose de deux parties distinctes : l'une, un piston, sert de guide et actionne par entraînement l'autre, simple tiroir, que la pression de l'air applique sur son siège.

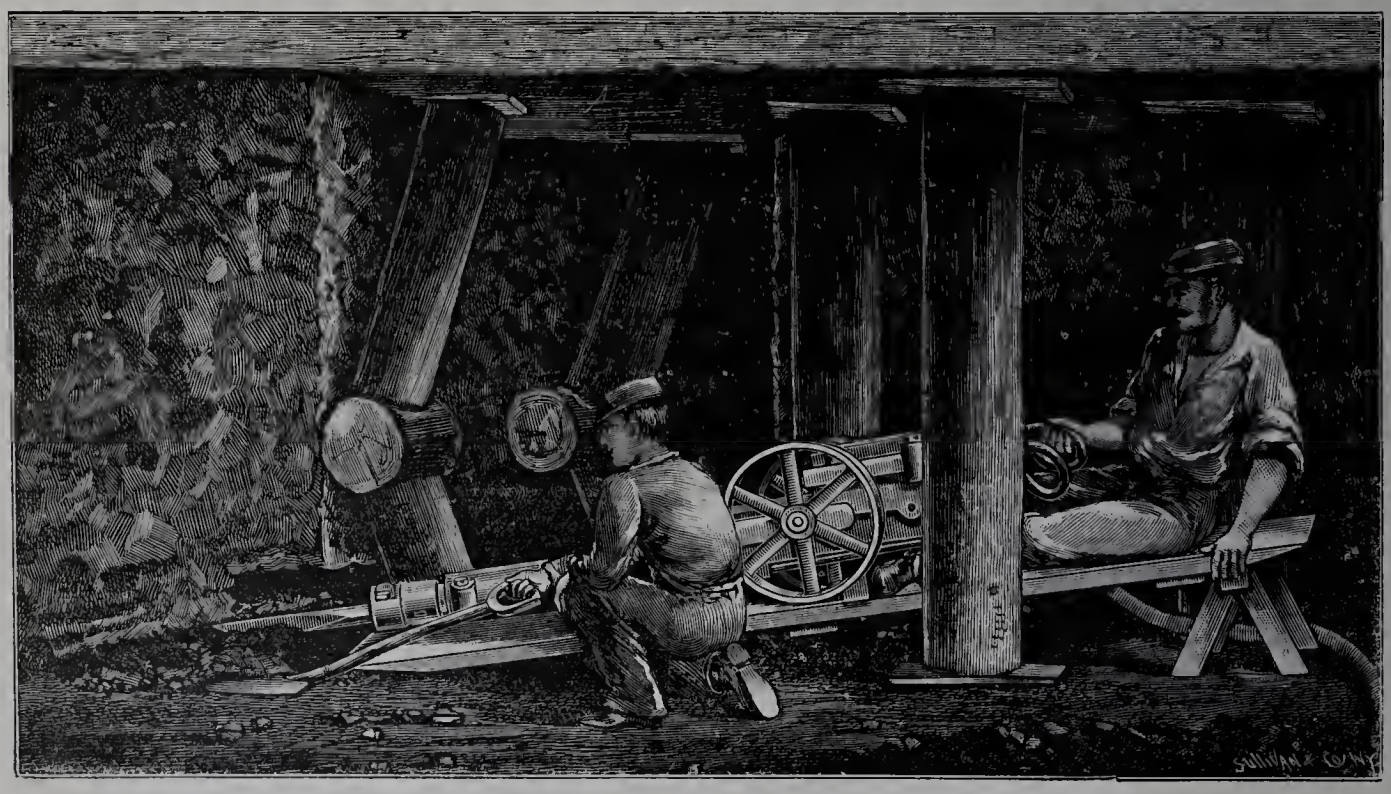


Fig. 36. — Hâveuse Ingersoll pratiquant une sous cave.

Un régulateur très simple permet de régler les coups de l'appareil, soit lourds et puissants pour obtenir des gaillettes, soit rapides et légers pour terminer les coupures.

Les pics sont en acier forgé à section carrée et sont fixés dans la tête de la tige du piston sur toute leur épaisseur.

La machine est portée par une paire de roues dont le moyeu peut se déplacer dans

deux glissières portées par le cylindre, ce qui permet d'équilibrer convenablement la machine suivant les cas et les positions qu'on lui donne. De même les roues peuvent être remplacées par d'autres roues de grand ou de petit diamètre, suivant le travail

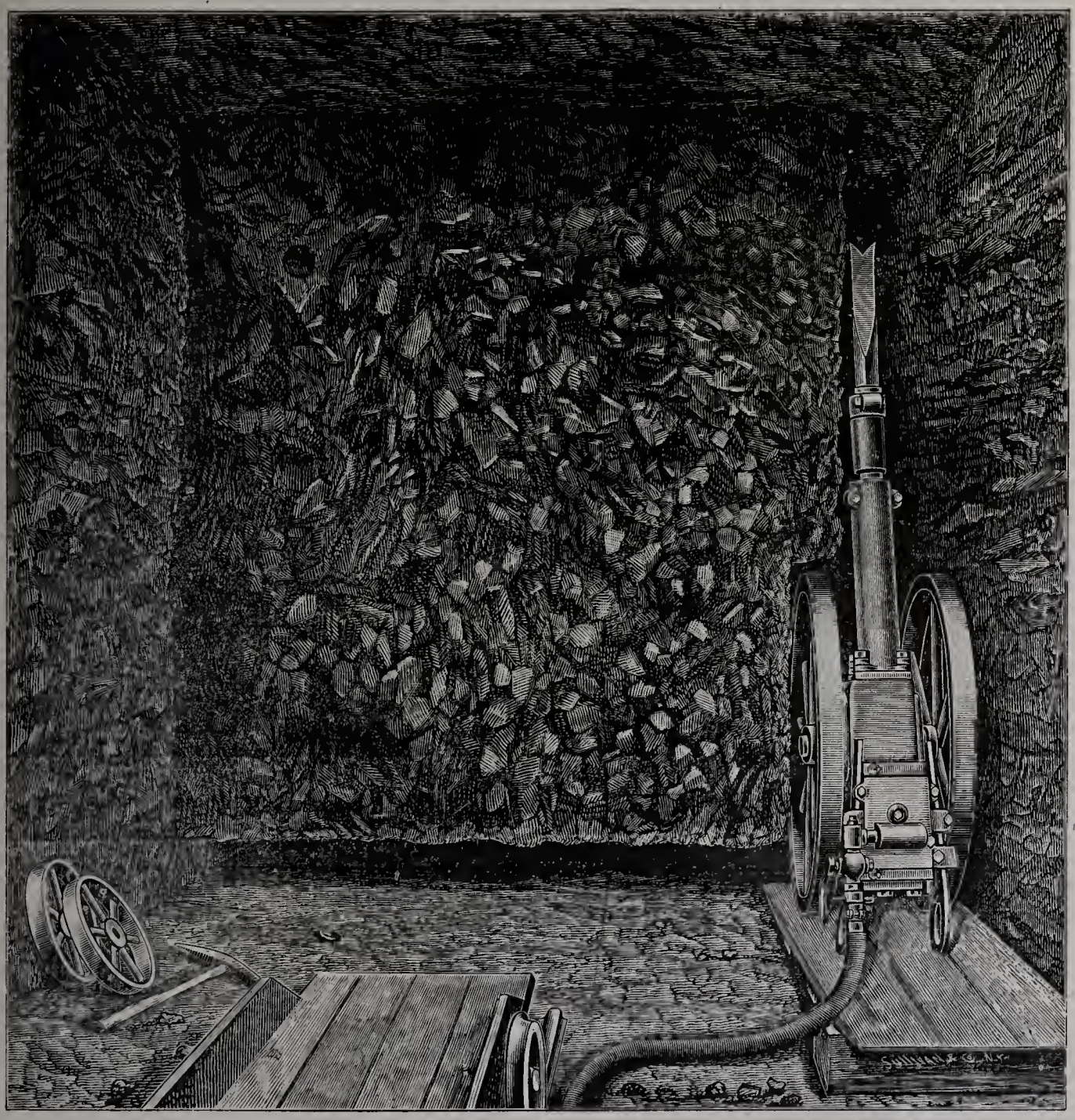


Fig. 37. — Hiveuse Ingersoll pratiquant une coupure verticale.

à faire. Elles sont munies de larges coussinets de moyeu qui aident à diminuer le recul.

Marchant à pleine vitesse (190 à 250 coups), la machine ne recule que d'environ 0 m. 02 à chaque coup.

COMITÉ FRANÇAIS
BIBLIOTHÈQUE

Ces machines peuvent faire un hâvage de 15 mètres à 45 mètres sur 1 m. 20 à 2 mètres de profondeur par journée de dix heures suivant les natures de charbon.

Cette hâveuse peut travailler horizontalement ou verticalement (fig. 36, 37 et 38). Les entailles faites par elles doivent affecter la forme en V de 0 m. 30 d'ouverture sur 1 à 2 mètres de profondeur, la largeur au fond de l'entaille se réduisant à 0 m. 06 environ.

Le charbon peut donc être facilement extrait de l'entaille. Dans une entaille bien faite, les débris doivent comporter 65 à 80 p. 100 de gailletins.

Ces machines se font de deux grandeurs :

Type pesant 227 kilogrammes; longueur, 2 m. 30; course du piston, 0 m. 25; pression, 4 kilogr. 200.

Fig. 38. — Hâveuse disposée pour le travail vertical.

Type pesant 162 kilogrammes; longueur, 2 m. 15; hauteur, 0 m. 38; course du piston, 0 m. 25; pression, 4 kilogr. 200.

Comme on le voit le second type constitue un appareil léger s'appliquant au travail dans les couches minces.

Nous empruntons à M. Bachellery, ingénieur au corps des mines, les renseignements suivants sur le rendement d'une installation de ce genre de hâveuses :

« En se basant sur une couche de 1 m. 50 et une production de 900 tonnes de tout venant en deux postes, la maison Ingersoll estime le prix total du matériel nécessaire (10 hâveuses, 3 perforatrices pour trous de mines, compresseurs, chaudières, tuyauterie et accessoires, le tout correspondant à une puissance de 80 HP) à 70,000 francs. En payant la main-d'œuvre au prix américain (machiniste, 13 fr. 75 et aides, 8 fr. 75)

le prix de revient de la tonne (intérêts et amortissements compris) s'établit de la façon suivante :

Hâvage	0f 75c
Abatage à la poudre et chargement sur bennes	0 95
	1 70

« Dans les mines d'Earlington (Kentucky) où les machines Ingersoll sont employées, le prix de revient varie en effet de 1 fr. 85 à 2 francs par tonne[1]. »

Or le prix de revient, avec abatage à la main, est au minimum de 2 fr. 85. On voit dans quelles limites il peut être possible d'abaisser le prix de revient par l'usage de ces hâveuses.

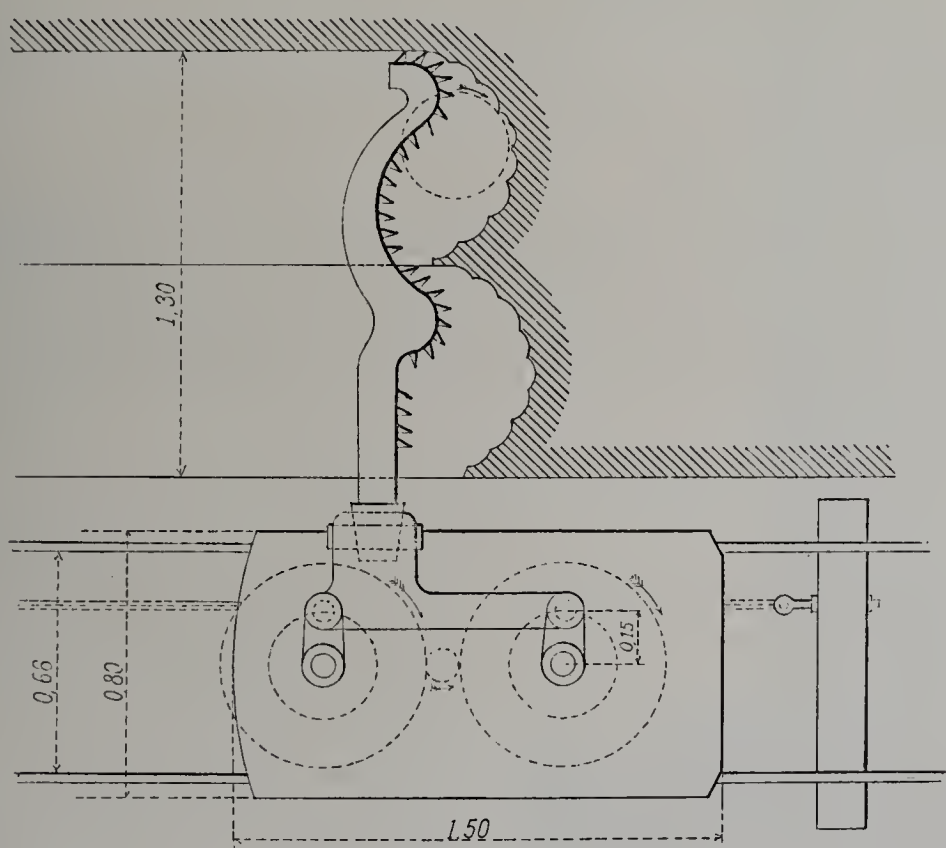


Fig. 39. — Hâveuse à faulx dentée de la Compagnie de Commentry-Fourchambault et Decazeville.

Hâveuse de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville.

Des essais ont été faits à deux reprises par la Société de Commentry en vue de réaliser une hâveuse pratique s'adaptant au service du charbon dur et mélangé de barres de schiste ou de nodules de pyrites.

Le type auquel elle s'est arrêtée conviendrait à ce genre de travail dont on n'ignore pas les difficultés ardues. Aux systèmes à disques dentés ou à chaîne qui avaient, dans

[1] *Les hâveuses mécaniques dans les houillères des États-Unis*, par A. Bachellery. — Travail présenté au Congrès international des mines et de la métallurgie.

d'autres mines, donné de mauvais résultats, la Société de Commentry substitue un type à faulx dentée que représente le dessin annexé (fig. 39).

Il se compose essentiellement d'un outil ou lame arquée et dentée animée d'un mouvement analogue à celui d'une faulx. Ce mouvement est obtenu au moyen de deux manivelles agissant sur le porte-outil. Un moteur à air comprimé est placé sur le bâti de la machine; il actionne un arbre vertical portant un pignon; ce pignon commande deux roues d'engrenage montées sur des arbres verticaux, arbres sur lesquels sont calées les deux manivelles. Celles-ci tournent dans le même sens en entraînant dans leur mouvement le porte-outil en forme de bielle.

On voit que dans ce mouvement chaque dent décrit une circonférence de même rayon que celui des manivelles; ces dents travaillent les unes après les autres, chacune n'agissant que sur une petite partie de la rainure.

La lame de l'outil peut recevoir des formes variables avec une ou plusieurs courbures.

L'outil présenté par la Compagnie à l'Exposition avait deux courbures et était disposé pour opérer un hâvage de 1 m. 30 de profondeur avec une largeur de 0 m. 06 à l'entrée et de 0 m. 04 au fond.

La hâveuse est montée sur chariot pouvant circuler sur les voies de mines et mû par câble à traction automatique produisant l'avancement. Pour donner de la stabilité à la machine, une fois en place, on substitue aux roues des patins de glissement.

La hâveuse peut tourner autour d'un axe vertical, ce qui permet l'entrée et la sortie de l'outil dans le massif.

La rainure faite par l'outil est à 0 m. 35 au-dessus de la voie.

L'encombrement de la machine est le suivant : hauteur, 1 m. 15; largeur, 0 m. 80; longueur, 1 m. 60.

Son poids est de 1,800 kilogrammes, y compris celui du moteur dont la puissance est de 10 HP à 300 tours.

L'outil donne 60 coups à la minute, en avançant de 1 à 3 millimètres par révolution suivant la dureté du massif.

Les résultats obtenus auraient donné dans le charbon dur un avancement de 6 mètres à l'heure sur 1 m. 30 de profondeur

L'outil pourrait franchir 0 m. 40 à 0 m. 50 de schiste et 0 m. 04 à 0 m. 05 de minerai de fer très dur sans détérioration.

L'ensemble de la machine est assez compact et relativement peu encombrant.

Ces résultats ont été communiqués par M. Fayol, directeur des mines de Brassac, au Congrès des mines. La hâveuse n'avait pas encore été mise en service dans les mines.

Hâveuses électriques à chaîne Jeffrey.

La maison américaine Jeffrey exposait deux types de hâveuses électriques à chaîne sur lesquelles nous donnerons quelques détails. On sait par les études qui ont été faites à maintes reprises à ce sujet dans quelles conditions ces machines

peuvent être employées; les notes qui ont été communiquées au Congrès des mines et de la métallurgie et les débats auxquels elles ont donné lieu sont très concluants à ce sujet. On sait que lorsque la nature du charbon, la solidité du toit et l'inclinaison des couches se prêtent à leur emploi, ces machines sont susceptibles d'augmenter dans une grande proportion le rendement d'une mine et de diminuer le prix de revient d'une façon très sensible.

Les hâveuses à chaîne Jeffrey comptent parmi les appareils de ce genre dont l'usage est le plus répandu dans les mines américaines.

Hâveuse électrique à chaîne type 17 A. — Cette machine (fig. 40) est destinée au travail dans les couches puissantes ou moyennes. Sa hauteur d'encombrement est de 0 m. 74. Elle comporte trois grandeurs capables de hâver respectivement 1 m. 50, 1 m. 80 et 2 m. 13 en profondeur. La tête coupante a 0 m. 99 ou 1 m. 10 de large. L'épaisseur du hâvage est de 0 m. 10 environ.

Le type 17 A représenté par la figure annexée pèse 1,400 kilogrammes environ (hâvage, 1 m. 50). Il est armé d'un moteur continu multipolaire cuirassé de 20 chevaux sous 220 ou 500 volts. Il demande deux hommes pour sa manœuvre (un mécanicien et un aide pour déblayer) et est capable de hâver 30 à 60 mètres de longueur par jour, ce qui représente une superficie de hâvage de 45 à 90 mètres carrés pour ce type. Les deux autres peuvent donner des rendements de 100 à 125 mètres carrés, soit par conséquent 9, 10 et 12 mètres carrés à l'heure.

La hâveuse à chaîne comprend un affût, un châssis mobile et la chaîne coupante.

Fig. 40. — Hâveuse électrique à chaîne Jeffrey, type 17 A.

L'affût, comme on le voit sur la figure, se compose à la partie supérieure de deux barres d'acier à rainure portant le châssis et à la partie inférieure de deux fers cornières. Le tout est réuni par des traverses d'acier. En avant, l'affût se termine par une traverse de tête qui supporte une griffe à vis de serrage et qui sert de guide au rail central du châssis. La griffe de serrage devant résister à la réaction produite par le travail de la chaîne coupante est placée en oblique à 45 degrés pour s'arcbouter et s'opposer au déplacement de l'appareil. La traverse arrière porte également des griffes à vis. La traverse inférieure d'avant porte un sabot sur lequel la machine peut glisser lorsqu'on la déplace sur le front de taille; on place préalablement sur le sol des tôles qui facilitent ce mouvement.

Le châssis est formé d'une solide barre d'acier (center rail) qui peut glisser dans la traverse de tête de l'affût. Cette barre porte en avant la tête coupante, composée de deux plaques d'acier bien dressées et boulonnées ensemble qui servent de guides à la chaîne coupante. A chacun de ses angles, elle porte deux pignons sur lesquels passe cette chaîne.

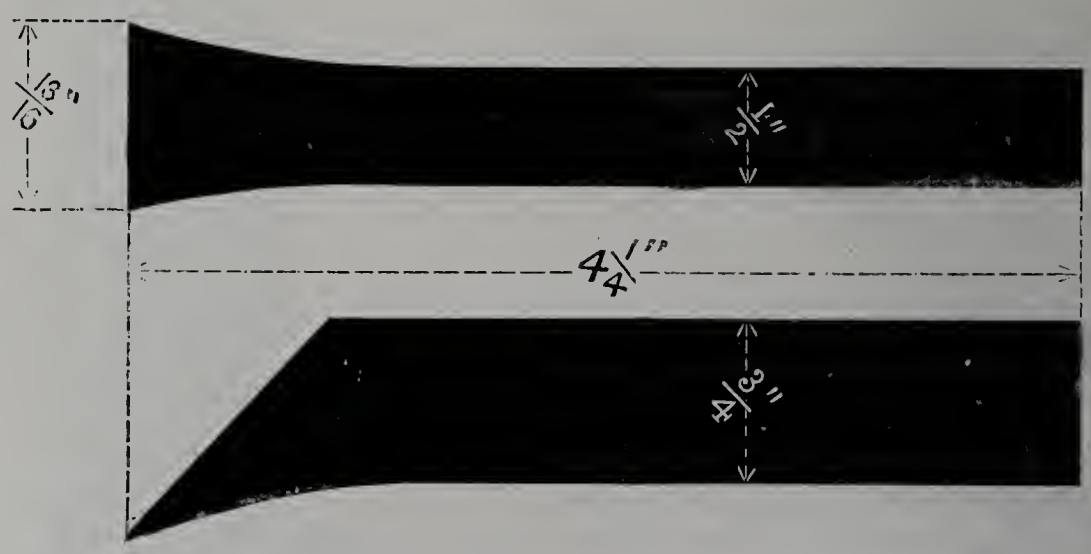


Fig. 41. — Couteaux de la hâveuse à chaîne Jeffrey.

L'arrière de la barre centrale porte le moteur sur une traverse particulière. Le moteur s'appuie sur l'affût le long duquel il peut glisser.

Ce moteur est relié à un pignon denté inférieur qu'il peut mettre en mouvement et sur lequel passe la chaîne. Cette dernière forme donc une sorte de long triangle isocèle dont la tête est le pignon moteur et dont la base est formée par la tête du châssis avec ses deux pignons fous.

La chaîne sans fin est formée de maillons d'acier forgé alternativement pleins et creux. Les maillons pleins sont munis d'une saillie à alvéole dans laquelle on fixe un couteau au moyen d'une vis. Les couteaux (fig. 41) occupent successivement trois positions, d'abord dans l'axe de la chaîne, puis inclinés à gauche, ensuite à droite. Cette disposition donne une épaisseur de coupure qui peut atteindre 0 m. 10 à 0 m. 12, ce qui permet

à la tête et au châssis de pénétrer à l'intérieur. La vitesse d'entraînement de la chaîne est d'environ 1 m. 25 à la seconde.

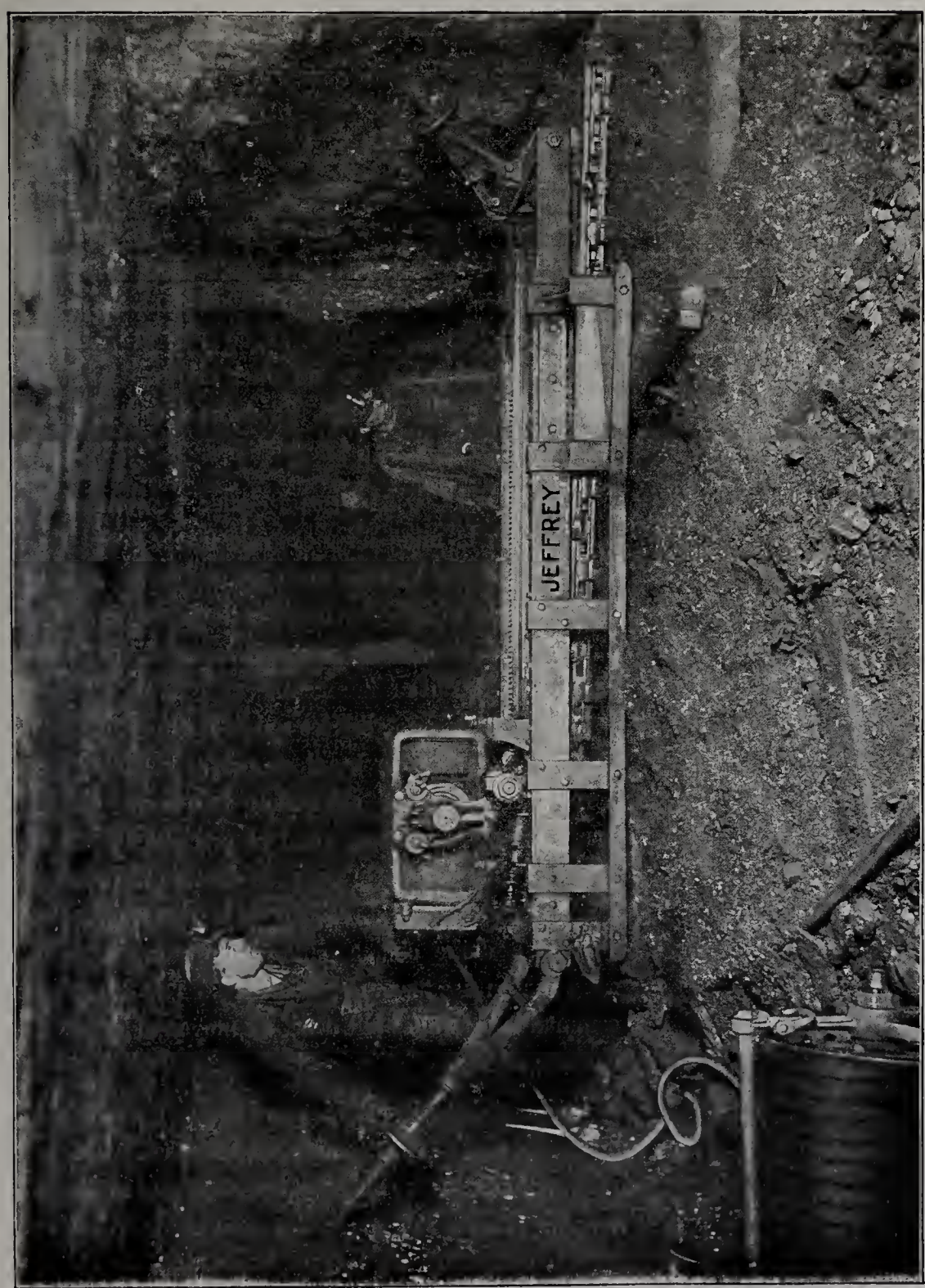


Fig. 42. — Haveuse à chaîne Jeffrey 17 A installée sur le front de taille.

L'affût porte une crémaillère longitudinale sur laquelle engrène un pignon denté commandé par le moteur.

Une fois l'appareil placé devant le front de taille (fig. 42), on abaisse les griffes à vis

Fig. 43. — Hâveuse électrique à chaîne Jeffrey, type 16 A.

d'avant et d'arrière, pour immobiliser l'affût. Le moteur étant mis en marche, la chaîne pratique sa coupure; en même temps le pignon latéral suit la crémaillère et produit l'avancement du moteur et de tout le châssis. Un système d'embrayage permet, au moyen d'un levier, d'obtenir ainsi l'avancement, le recul ou l'arrêt du châssis.

Hâveuse à chaîne, type 16 A. — Cette machine (fig. 43) est constituée d'une façon générale comme la précédente; mais elle a un encombrement vertical plus faible et est destinée au travail dans les veines minces. Sa hauteur verticale est de 0 m. 46 environ. Lorsqu'elle est placée sur un truck elle peut se mouvoir dans une taille de 0 m. 76 de hauteur seulement. Son poids est de 1,100 kilogrammes.

Trucks. — Ces hâveuses à chaîne peuvent se déplacer dans la mine au moyen de trucks simples ou automoteurs, sur lesquels on les monte facilement. La figure ci-jointe (fig. 44) représente un de ces trucks automoteurs. Il porte un treuil sur lequel s'enroule une chaîne que l'on fixe à la machine.

L'avant porte une glissière qui peut s'abattre.

En agissant sur le treuil au moyen de leviers on enroule la chaîne en entraînant la hâveuse qui remonte sur la glissière et vient se placer sur le truck. L'arrière du truck porte une roue dentée qui peut être reliée avec un pignon du moteur de la hâveuse (fig. 45) au moyen d'une chaîne galle. Cette roue dentée est calée sur un axe terminé par un pignon denté, lequel commande les roues du truck au moyen d'une autre chaîne galle.

Coupeuses. — Les coupeuses Jeffrey (fig. 46) sont analogues comme construction aux hâveuses. Elles permettent de faire les coupures verticales en les plaçant soit sur le sol, soit entre des colonnes verticales à vérins, auxquelles on la relie au moyen de colliers portés par son affût. Une crémaillère permet de placer l'appareil à la hauteur voulue.

L'appareil est placé sur un truck pour les déplacements à l'intérieur de la mine.

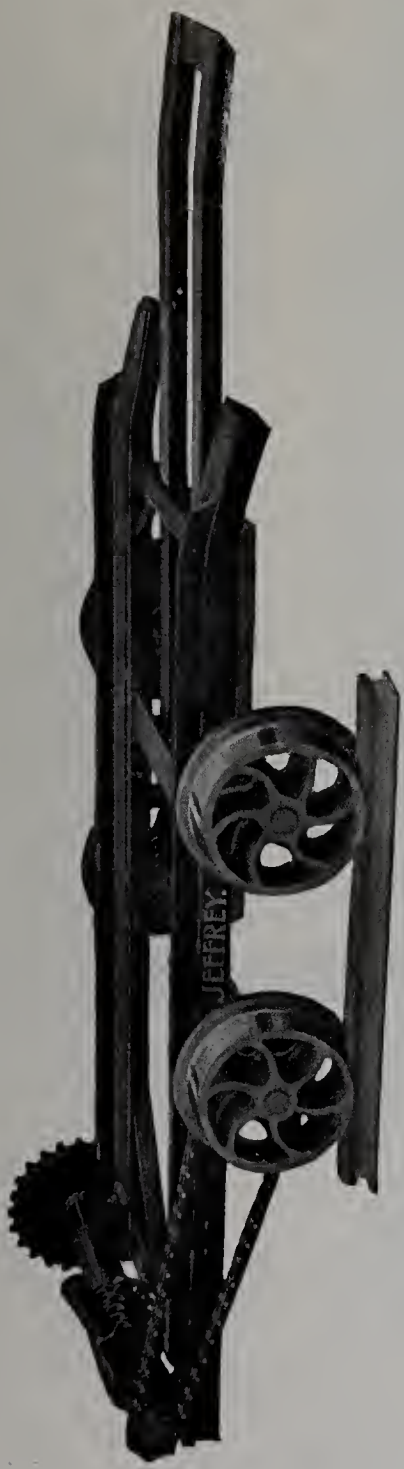


Fig. 44. — Truck pour le transport des hâveuses Jeffrey.

Fig. 45. — Hâveuse électrique Jeffrey 17 A montée sur son truck avec son moteur disposé pour la marche.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Toutes ces hâveuses peuvent être équipées avec un moteur à air comprimé.

Nous avons donné précédemment le rendement général de ces machines.

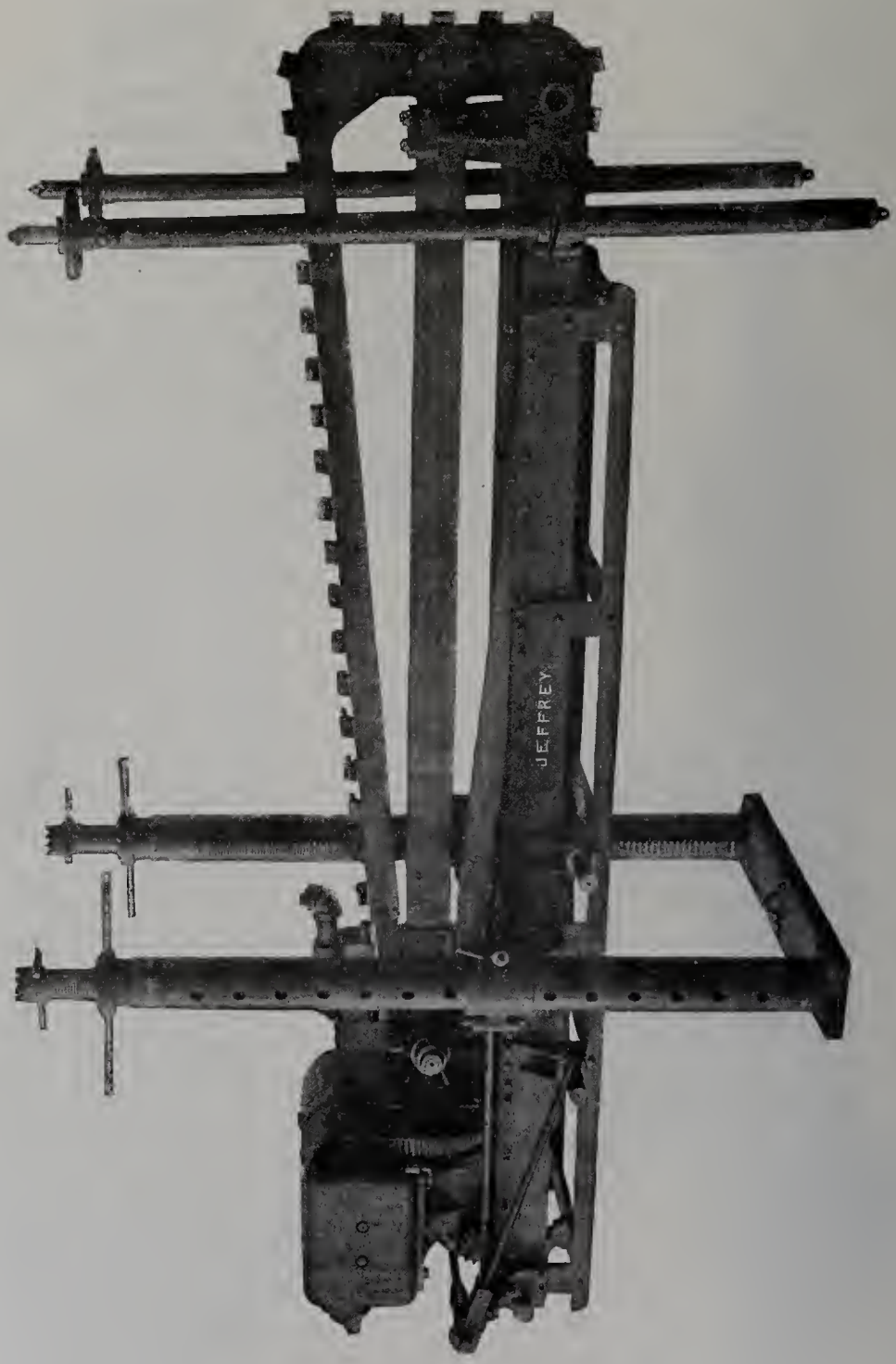


Fig. 46. — Coupeuse Jeffrey montée sur colonnes.

II. SONDAGE.

Appareils de sondages de l'Oil Well Supply C°.

La méthode employée par l'Oil Well Supply C°, de Pittsburg, et sur laquelle sont basés les appareils nombreux qu'elle construit, est le sondage à la corde ou sondage chinois.

Cette maison, qui a construit la plus grande partie des appareils dont on s'est servi et dont on se sert encore en Amérique pour les puits à pétrole, a conçu et exécuté une série d'outils et d'accessoires qui ont rendu la méthode remarquablement simple et pratique. C'est donc surtout par un rapide examen de ces divers outils et de l'installation d'un siège de sondage qu'on peut se rendre compte de la valeur de la méthode employée et réalisée par l'Oil Well Supply C°.

Nous nous hâterons de dire, dès le début, que quels que soient les perfectionnements réalisés par cette maison, une partie des inconvénients inhérents à la méthode bien connue du sondage à la corde ne sauraient être écartés complètement. La majorité des sondages effectués aux États-Unis l'ont été dans des conditions assez favorables de terrains, comme composition et inclinaison des couches traversées, et il est probable que dans certains cas de roches fissurées, inclinaisons fortes, etc., les résultats ne seraient pas aussi satisfaisants, en particulier au point de vue des déviations des trous de sondage.

Quoi qu'il en soit, il semble résulter des chiffres qui ont été soumis au Jury que la Compagnie obtient avec ses appareils une rapidité remarquable d'avancement comparativement aux autres méthodes. Dans certaines circonstances, cette vitesse atteindrait le double de celle des autres procédés.

Dans le but de démontrer les avantages de ses appareils, la Compagnie avait entrepris à Vincennes, pendant le cours de l'Exposition, un sondage qu'elle avait l'intention de pousser le plus loin possible. Commencé le 24 mai 1900, ce sondage atteignit la profondeur de 900 pieds (274 mètres) en 12 jours de travail, soit un avancement moyen de 22 m. 80 par jour. Pendant le cours du forage, on a traversé des couches épaisses d'argile plastique molle ou consistante ainsi que des bancs de silex d'une épaisseur de 60 mètres. Ces chiffres ont été donnés par l'ingénieur de la Compagnie qui dirigeait ces travaux. Au bout des 12 jours, le travail a dû être suspendu en raison des difficultés qui se sont présentées pour l'évacuation des résidus et de l'eau remontés du puits.

Un des points caractéristiques de l'installation d'un sondage de ce type consiste dans ses organes rudimentaires, très robustes et très simples dont on fait usage. Tous les organes qui ne nécessitent pas l'emploi du métal, fer ou acier, sont en bois; nous citerons par exemple, en dehors du bâti, les balanciers, leviers, bielles de commande, poulies, treuils, freins, etc. — Le tout peut se construire avec les bois que l'on trouve généralement sur place. Il suffit de jeter un coup d'œil sur les planches représentant cette installation (fig. 47 et 48) pour s'en rendre compte.

Une machine à vapeur et une chaudière tubulaire (type locomotive) font partie de cette installation; elles sont combinées de façon à être facilement transportées tout en donnant un rendement satisfaisant.

Nous allons examiner les détails de l'installation type et des principaux appareils.

Installation. — La figure détaillée que nous reproduisons (fig. 47) représente l'installation type fournie par l'Oil Well Supply C°. Elle occupe une surface de 7 m. 30 sur 27 m. 50.

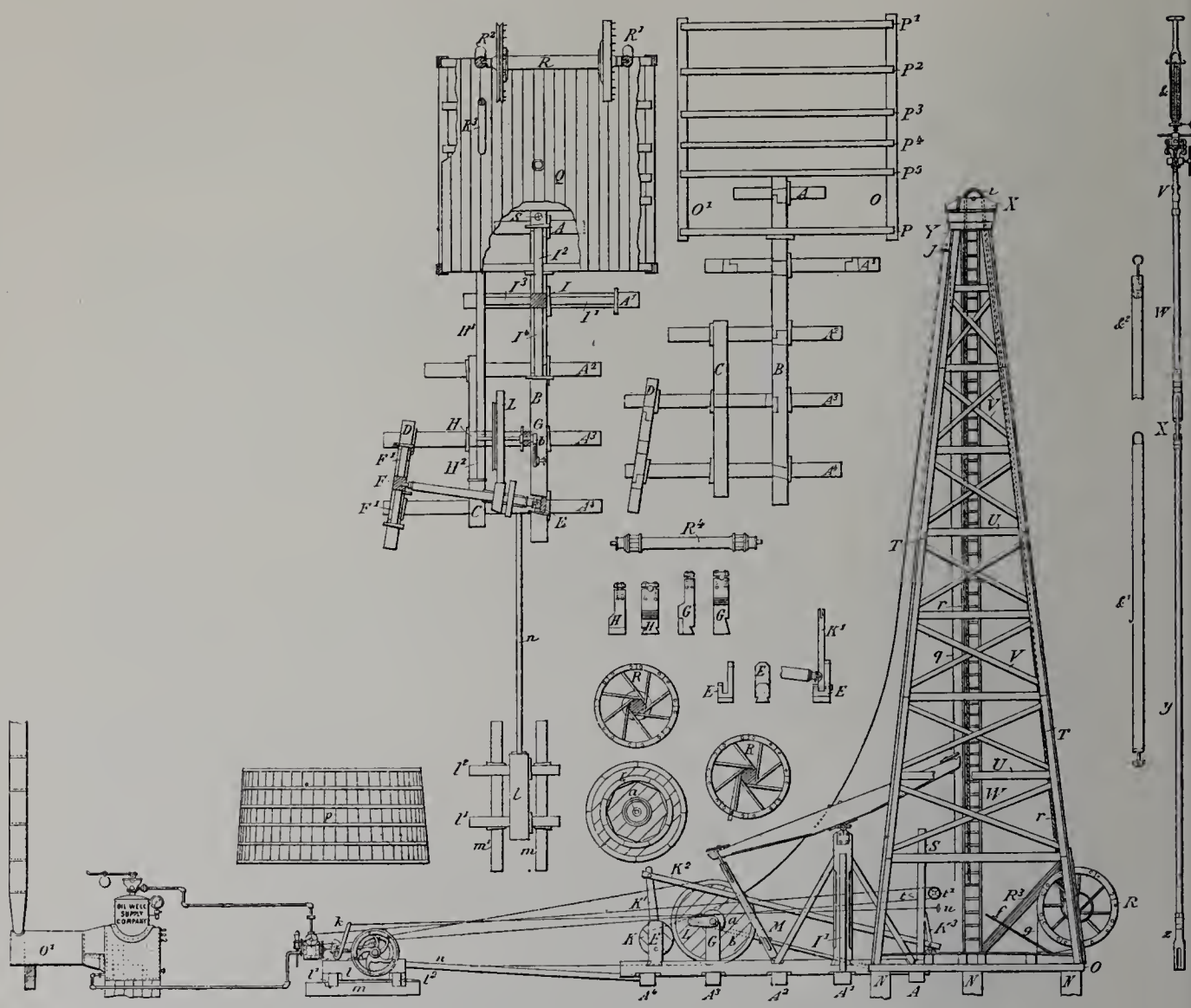


Fig. 47. — Disposition générale d'une installation de sondage de la «Oil Well Supply Company» et détail des pièces qui la composent.

A. Traverses d'appui sur le sol.
B. Travrese principale.
C. Traverse latérale.
D. Traverse d'appui du frein.
E. Support de tête du frein.
F et F_1. Support de queue du frein et ses traverses.
G, H, H_1, H_2. Supports de grande poulie et leurs traverses.
I, I_1, I_2, I_3, I_4. Supports du balancier et leurs traverses.
J. Balancier.
J_1. Tête du balancier et son recouvrement; *c*, son axe et ses coussinets.
K. Frein de poulie, son levier (K_1), sa bielle (K_2) et son levier de manœuvre (K_3).
L. Grande poulie à courroie : *a*, son axe; *b*, sa manivelle à bouton réglable.
M. Bielle du balancier et son étrier (*d*).
N. Pieux de fondation du chevalet (derrick).
O, O_1, P, P_1, ... P_5. Traverses du plancher du derrick.
Q. Plancher du derrick (20 pièces de bois de 51 × 305 d'équarrissage sur 6 m. 10 de longueur).
R R_1, ... R_3. Treuil à bras et ses contreforts.
S. Support de tête de balancier.
T, U, V. Chevalet, ses poutres maîtresses et ses traverses.
W Échelle du chevalet.
X. Chapeau du chevalet et sa poulie (*i*).
Y, *j*. Support de la poulie de la pompe à sable et poulie à sable.
c. Crochet de sondage.
f. Levier du frein à courroie du treuil.
g. Courroie de frein.
h. Levier de changement de marche et sa commande (*u*).
k. Machine.
l. Son bâti.
l_1, l_2, *m*, m_1. Ses traverses de support.
n. Sa traverse de calage.
o. Chaudière.
p. Réservoir.
q. Câble de la pompe à sable qui peut s'enrouler sur le tambour de l'axe du frein K.
r. Câble de sondage.
t, t_1. Corde et manivelle commandant la valve d'admission de la vapeur.
v. Attache du câble.
w. Barre de sonde.
x. Coulisse.
y. Barre de sonde.
z. Trépan.
&. Vis de l'attache de câble.
$&_1$. Cuiller.
$&_2$. Pompe à sable.

Le *derrick* (chevalet) et la charpente de fondation sont installés sur le sol même. Le dessin montre l'emplacement de chaque pièce ainsi que celui du matériel (machine à vapeur, chaudière, réservoir, treuil, poulie à courroie, etc.).

La poulie frein à sable est placée sur un axe oblique.

Cette installation est la plus robuste, la plus simple et la plus économique, comme une assez longue expérience l'a démontré. Presque tous les organes, bâtis, balanciers, roues, etc., sont en bois. Toutefois dans les régions chaudes on a prévu des modifications, où les équipements sont métalliques. De plus la disposition générale peut être modifiée pour en diminuer l'encombrement. Nous donnons la nomenclature détaillée de cette installation qui complétera la clarté de la figure.

On constate facilement à la seule inspection de la figure le caractère de l'installation.

Les bois sont exécutés sur place ou commandés à la Compagnie. Une série très complète de ferrures, d'axes, de boulons, etc., permet d'opérer l'assemblage et la mise en place de toutes les parties.

La force motrice est transmise par câble à la grande poulie en bois L. Cette poulie porte une gorge latérale sur laquelle porte le câble; la jante principale s'appuie sur un tambour en bois constituant le frein K. Ce tambour est excentré, de telle sorte que la friction est plus ou moins énergique selon que le point de contact est à l'extrémité d'un rayon plus ou moins grand. D'où des variations de

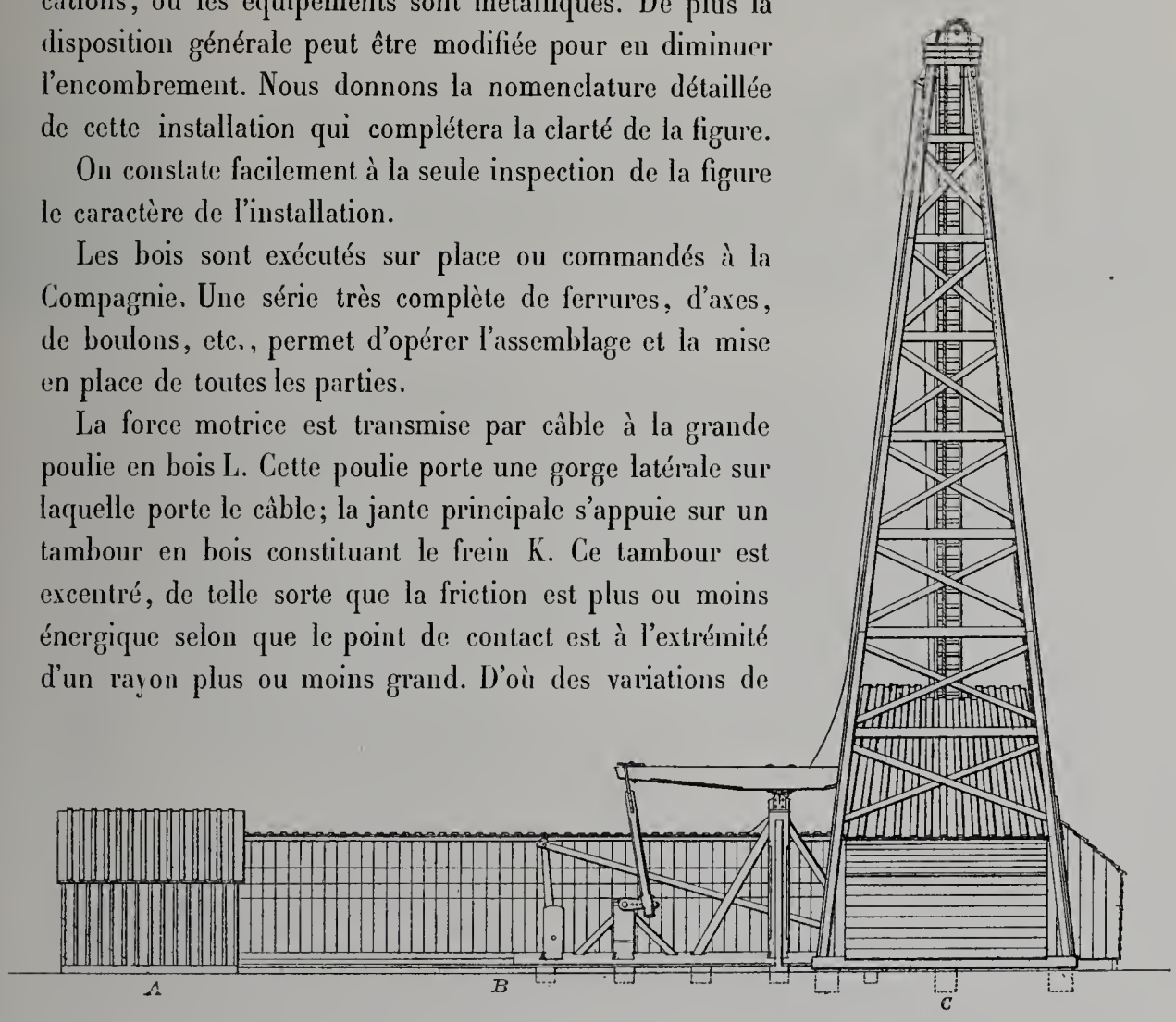


Fig. 48. — Bâtiment de protection de l'installation pour sondage à la corde (Oil Well Supply C°).

A. Bâtiment de la machine. — B. Couloir des transmissions. — C. Derrick.

vitesses qui produisent le *coup de lancé* particulier à ce système. Le frein peut être embrayé ou désembrayé au moyen du levier K_3 qui est à la portée de l'ouvrier sondeur placé près du câble.

Le frein K est porté à cet effet sur un axe dont une des crapaudines est placée dans un levier K_1 qui, en se déplaçant, provoque le mouvement de la crapaudine et par suite du frein en le rapprochant ou l'écartant de la jante de L.

Le frein porte un long tambour sur lequel peut s'enrouler la corde de la pompe à sable, lorsqu'on retire cette dernière du rou de sonde.

L'opérateur peut agir de plus sur une manette *t*, qui commande l'admission de vapeur.

Il peut donc opérer la mise en marche, l'arrêt ou le réglage de la machine.

Le câble est fixé à l'extrémité du balancier au moyen d'une attache particulière que nous verrons plus loin. Cette tête de balancier est munie quelquefois d'un guide circulaire sur lequel porte la chaîne d'attache pour assurer le mouvement rectiligne du câble.

Toutefois, dans certains cas, on peut opérer le mouvement de va-et-vient absolument vertical, en suspendant la sonde directement à la poulie de tête et en opérant des tractions sur le câble près du treuil (qui est immobilisé par le frein) au moyen d'un câble auxiliaire relié au bouton de manivelle de la grande poulie (voir fig. 49).

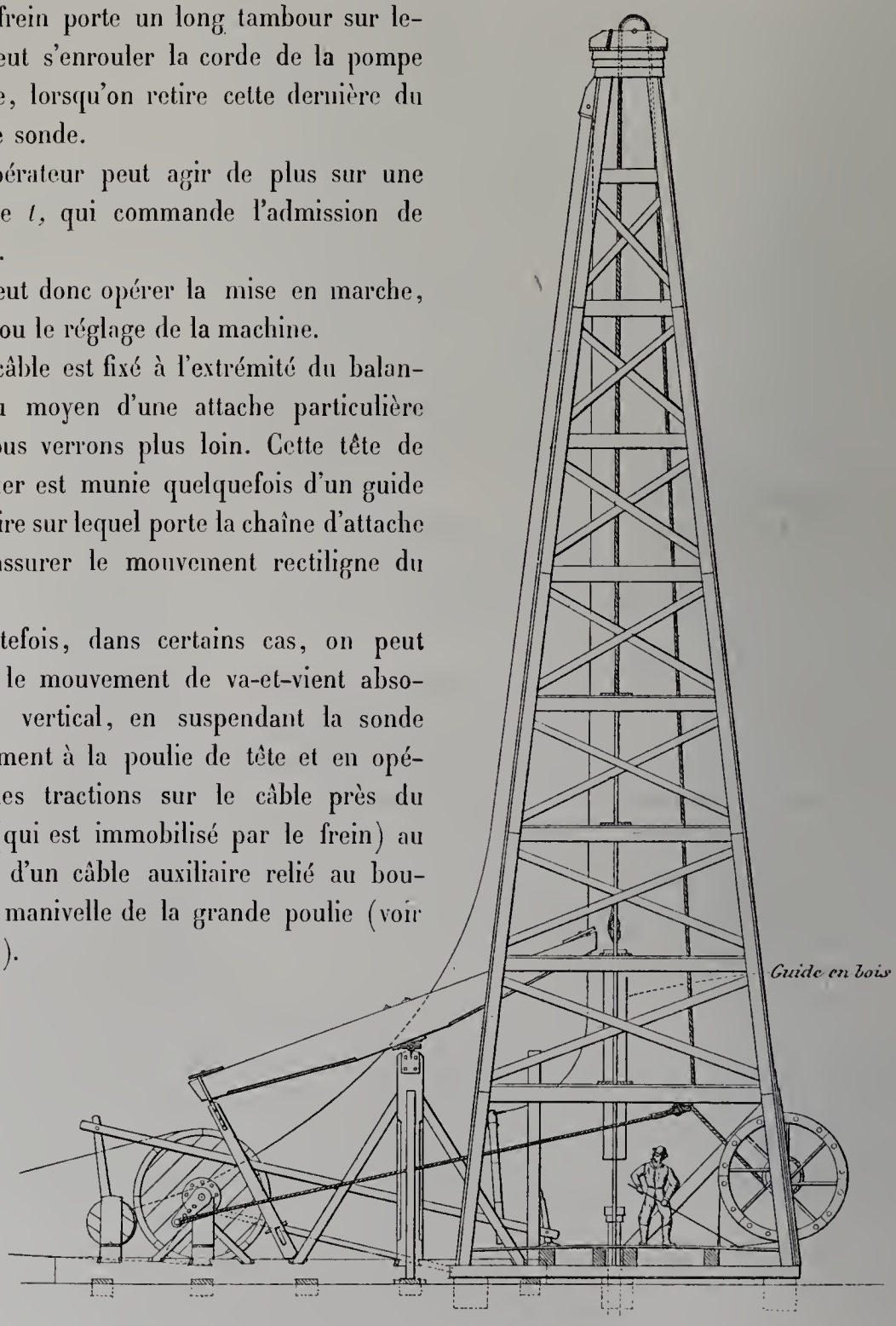


Fig. 49. — Sondage à la corde (Oil Well Supply C°).

Mode particulier de manœuvre de la corde, avec guide en bois.

On dirige de plus la tige de sonde au moyen d'un guide en bois.

Pour éviter le frottement intérieur du câble dans le battement, le trépan est fixé sur un ensemble de deux barres de sondage *w* et *y* réunies par une coulisse *x*.

Voici maintenant les outils principaux intéressants, employés dans cette installation :

Tuyaux. — Les tuyaux et les tubes sont assemblés de diverses façons; toutefois la Compagnie recommande l'assemblage ci-joint (fig. 50) à manchon taraudé, particulièrement pour les grandes profondeurs.

Attache du câble à la chaîne du balancier. — La figure 54 représente l'attache du câble. Deux mâchoires pincent le câble sans le détériorer au moyen d'une vis. Ces mâchoires sont suspendues à la vis de réglage au moyen d'un assemblage à billes. On a la précaution d'entourer le câble avec de l'étoupe ou des chiffons avant de le placer dans les mâchoires.

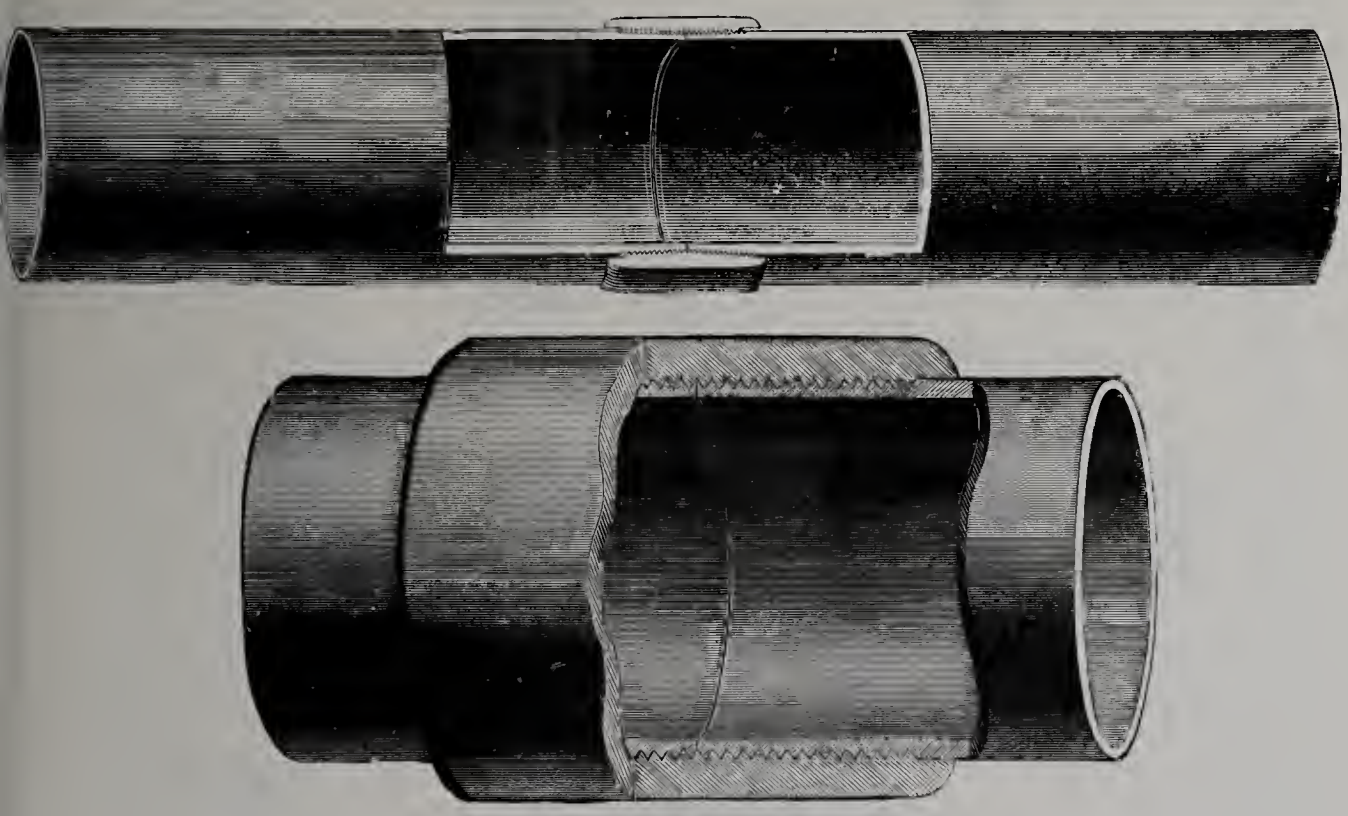


Fig. 50. — Assemblages des tuyaux et tubes pour les sondages (Oil Well Supply C°).

Attache du câble aux tiges de sonde. — Un des procédés consiste à entrer le câble dans un tube à âme légèrement conique (fig. 51). Une fois le câble entré on pratique une ouverture dans sa section et on y introduit une vis conique que l'on serre au moyen d'une clé spéciale.

Tiges de sonde. — Les tiges de sonde (fig. 52) s'assemblent à vis conique.

Manœuvre des tiges de sonde. — Pour opérer facilement le vissage ou dévissage des tiges de sonde avec la force nécessaire, on emploie un appareil spécial représenté par la figure 53. Une clé soutient la tige inférieure, une autre embrasse le bas de la tige à visser ou dévisser et s'appuie sur un sabot spécial qu'un levier fait avancer le long d'une crémaillère circulaire.

Nous passons les nombreux types de trépans, coupe-tubes, outils à dégager et nettoyer les tubes, coupe-câbles, etc.

Fig. 51. — Mode d'attache du câble aux tiges de sonde (Oil Well Supply C°).

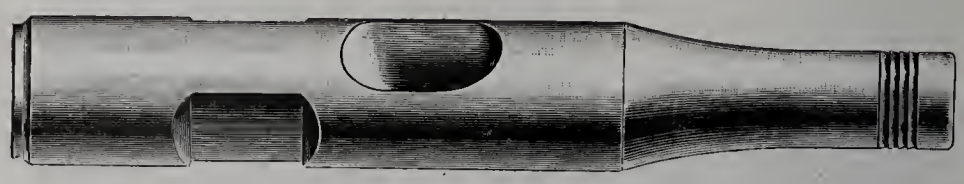


Fig. 52. — Tête de tige de sonde (Oil Well Supply C°).

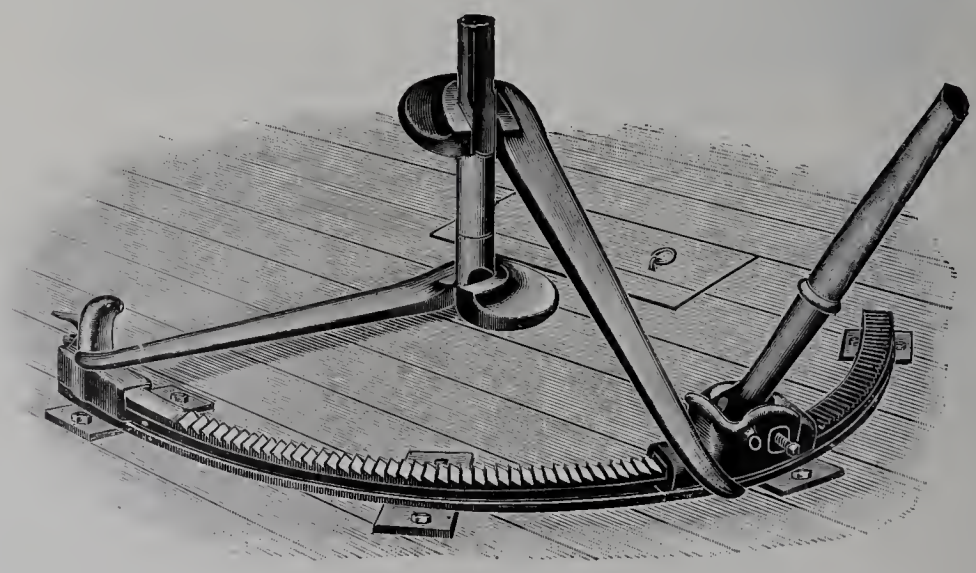


Fig. 53. — Appareil pour visser et dévisser les tiges de sonde (Oil Well Supply C°).

Nous terminerons en donnant la coupe d'un sondage exécuté par cette méthode et installé pour le pompage du pétrole (fig. 55 et 56).

Le sondage a trois diamètres et comporte à l'intérieur : 1° un tuyau guide (diamètre,

0 m. 203); 2° un second tuyau intérieur de 0 m. 142; 3° des tubes de 0 m. 051 à l'intérieur desquels passent les tiges de la pompe à huile de pétrole.

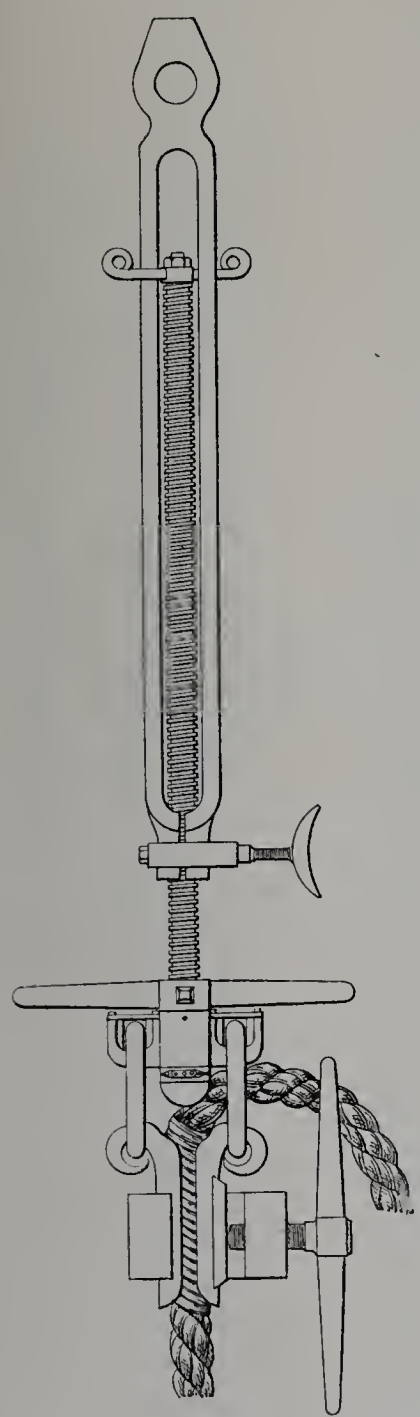


Fig. 54. — Mode d'attache du câble à la chaîne d'attache du balancier. (Oil Well Supply Company.)

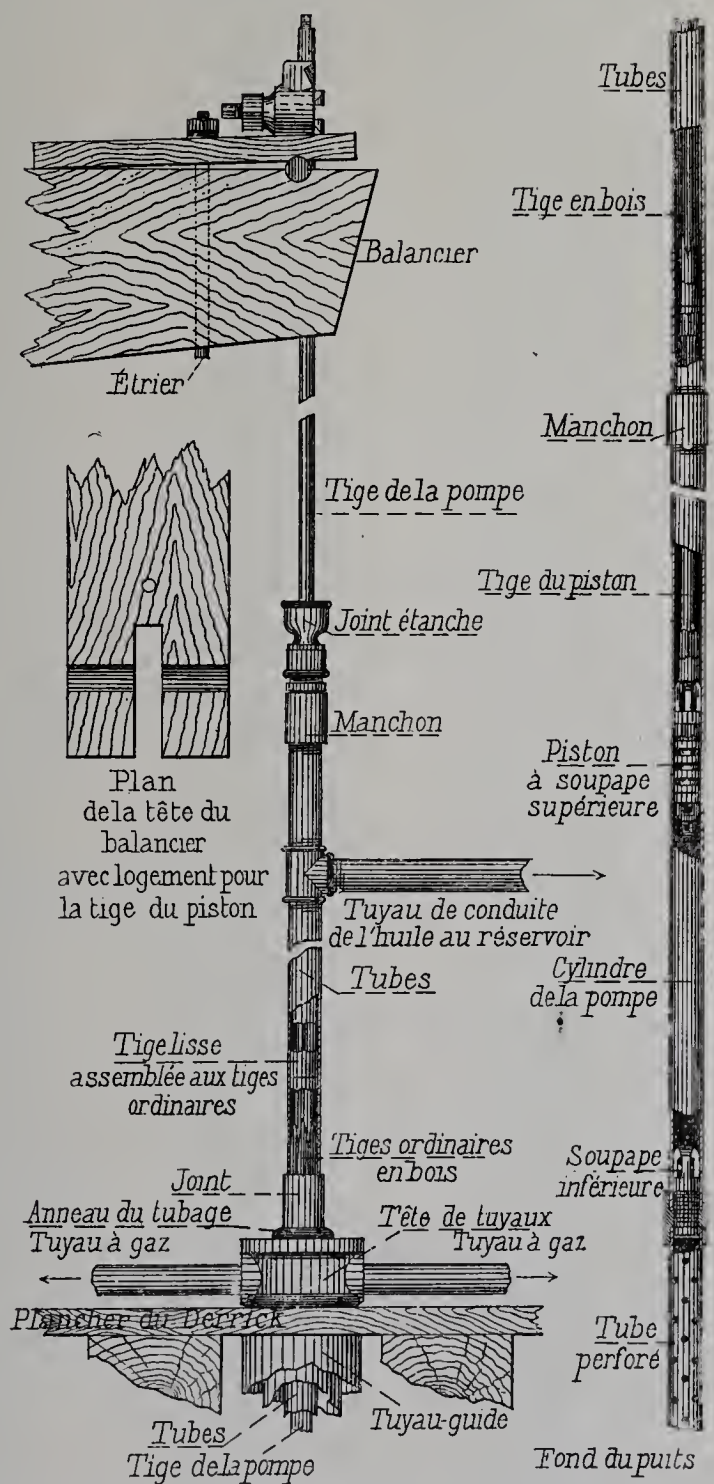


Fig. 55. — Installation pour le pompage du pétrole. Détails de la pompe.

La figure donne le détail de l'installation au jour. Ces quelques données sommaires permettent de se rendre compte de ce système de sondage. Il permet de forer des trous de sonde jusqu'à une profondeur de 600 à 700 mètres. Enfin une instal-

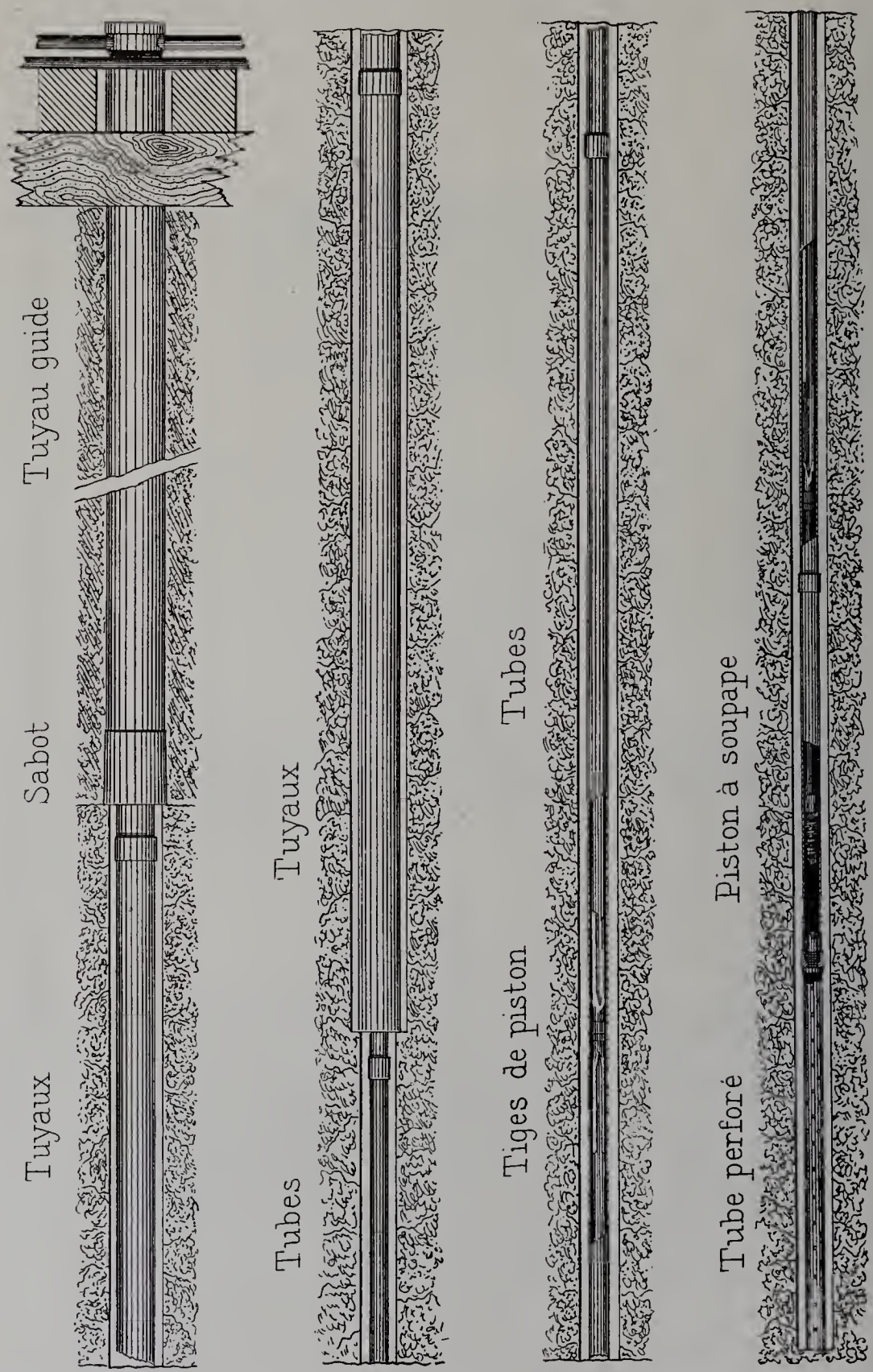


Fig. 56. — Tubage d'un sondage à pétrole (Oil Well Supply Co).

lation complète pour forer à cette profondeur, avec appareillage en bois, machine, chaudière, outils, câbles, tuyaux, etc., coûte environ 50,000 francs et pèse à peu près 79 tonnes.

Nouveau procédé de battage rapide, système Lippmann.

Le nouveau procédé de sondage réalisé par M. Lippmann est disposé de façon à obtenir à volonté :

1° Le battage rapide à injection d'eau, par sonde creuse rigide;

2° Le battage à chute libre avec injection d'eau.

Cet appareil comprend donc deux parties très intéressantes, la première relative au battage rapide à injection d'eau, dont on connaît tous les avantages ainsi que les difficultés de réalisation, la seconde relative à l'obtention, avec le même appareil, de la chute libre avec injection d'eau également.

1° *Battage rapide.* — Cet appareil (fig. 57) est constitué de la façon suivante. La sonde, composée de tiges en fer creux, est suspendue à une extrémité d'un balancier au

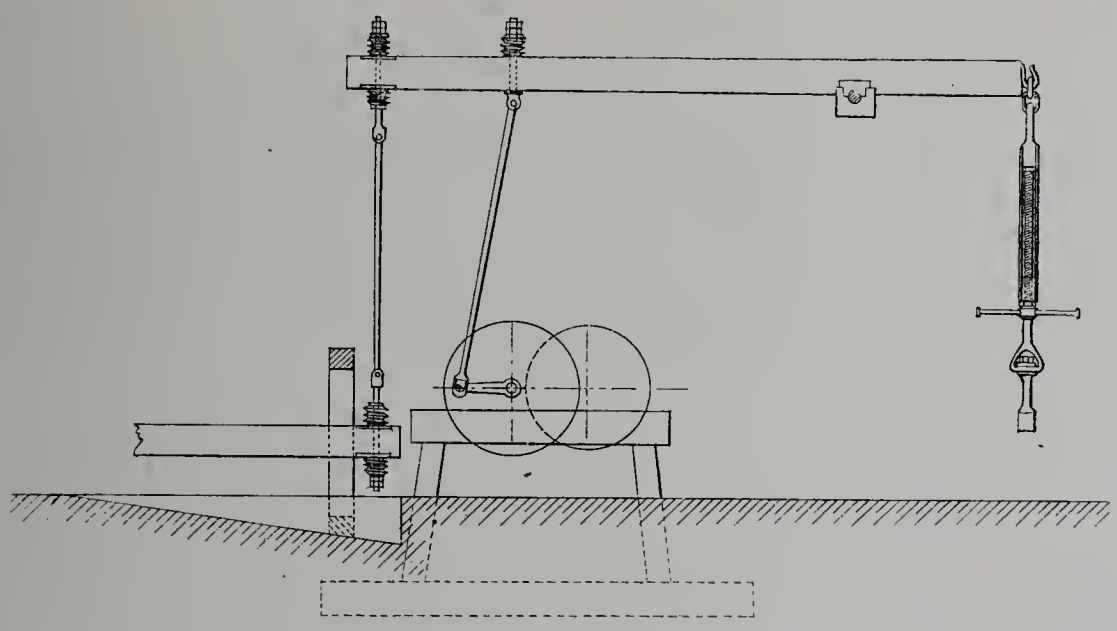


Fig. 57. — Schéma de l'installation Lippmann pour le battage rapide.

moyen d'une vis de rallonge ou de tout autre système de liaison; elle est équilibrée par un contre-levier agissant sur l'autre extrémité du balancier, contre-levier dont on règle l'action au moyen de charges variables. On a interposé des rondelles Belleville au-dessous et au-dessus du balancier et du contre-balancier, entre la tête et l'écrou de chaque boulon d'attache.

Le tout est mû par un moteur avec volant, comme dans les autres installations. Lorsque le balancier monte, il entraîne le contre-balancier, qui vient alors buter contre un arrêt que l'on règle de façon que ce contact se produise quelques instants avant que le balancier atteigne le maximum de sa course. Le mouvement se continue en comprimant les rondelles Belleville grâce à l'action du volant de la machine, qui projette ensuite la sonde et son trépan sur le fond du trou, de quelques centimètres de hauteur.

Avant que le trépan touche le fond, les rondelles Belleville entrent en action en se comprimant et arrêtant la flexion de la tige de sonde qui est soulevée de suite par le moteur, aidé par la reprise de fonctionnement du contre-balancier d'équilibre.

La sonde est suspendue par un système à émerillon permettant d'imprimer à la tige, pendant le battage, un mouvement de rotation convenable, soit à l'aide de la main, soit mécaniquement. Ce battage peut se faire à raison de 70 à 80 coups à la minute.

Une pompe refoule de l'eau dans la tête de la sonde creuse, directement, ou par l'intermédiaire d'un réservoir en communication avec cette sonde.

2° *Battage à chute libre.* — Le même système permet de faire le battage ordinaire à chute libre, au moyen d'une coulisse à choc spéciale; le mouvement de fonctionnement de la machine s'opère de la même façon, mais avec un arrêt brusque du contre-levier à chaque coup.

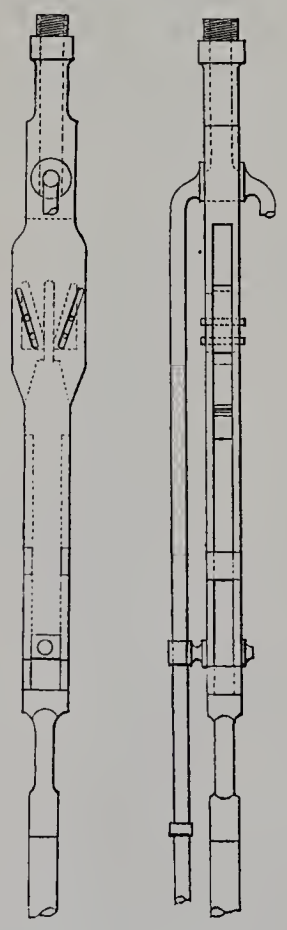


Fig. 58. — Disposition de la nouvelle coulisse Lippmann.

Cette nouvelle coulisse (fig. 58) est constituée de la façon suivante : le trépan est surmonté d'une puissante maîtresse tige en fer plein et porté par une glissière qui coulisse entre deux flasques. La tête de cette glissière, en forme de tige carrée, est saisie, à la descente de la sonde, dans une mâchoire en acier formée par deux taquets verticaux, dont le mouvement est dirigé par deux doubles rainures obliques, dans lesquelles peuvent coulisser deux petits tourillons portés par chacun des deux taquets. Quand la sonde descend, le trépan reposant sur le fond, les deux taquets rencontrent la tête de la coulisse qui les écarte. Lorsque la sonde remonte, ces taquets, qui tendent toujours à se rapprocher, enserrent la tête de la coulisse avec d'autant plus de puissance que la charge est plus lourde. Lorsque au bout de la course du balancier, le choc et l'arrêt du contre-balancier se produisent brusquement, ces deux taquets, projetés en l'air, s'écartent et le trépan retombe de tout son poids sur le fond.

Ce système permet, par son fonctionnement simple et automatique, sans organe extérieur, d'obtenir la substitution de la chute libre, en cours de travail, au battage rapide à la sonde rigide, en conservant l'injection d'eau. Ce dernier point est obtenu en reliant la coulisse à choc à la sonde creuse par un tube perforé à double tubulure. Ces tubulures descendent de chaque côté de la coulisse, le long de celle-ci et de la maîtresse tige. Elles sont fixées contre les deux flasques par des petits colliers, et reliées entre elles, plus bas, par un ou deux cercles en fer plat qui enveloppent la tige du trépan.

La longueur de ces tubulures est réglée de façon qu'elles touchent le fond du trou au moment où le trépan est sur le point d'être soulevé.

Le forage peut donc être exécuté par chute libre ou par battage rapide, sans aucune

difficulté provenant de l'injection d'eau, qui continue sans interruption en agissant de la même façon pour enlever les débris de roches et les évacuer jusqu'au jour.

D'ailleurs, ce système de tubulures à injection d'eau peut être appliqué aux divers systèmes de coulisses en usage actuellement, à choc, à débrayage ou à poids mort, par l'intermédiaire de rotules flexibles, glissières ou toute autre combinaison.

Système de sondage par le procédé Raky.

M. Raky a réalisé une disposition très ingénieuse permettant le battage rapide avec injection d'eau, et donnant la possibilité à tout instant de passer du battage au forage rotatif au diamant, pour obtenir les carottes-témoins nécessaires.

La particularité principale de ce système consiste dans le procédé d'équilibrage des tiges.

La disposition générale d'un atelier de sondage est représentée dans la planche annexée (fig. 59).

Une locomobile (25 HP à détente variable au régulateur) actionne le levier de battage *a* par l'intermédiaire des poulies *p* et *p'*. Le levier est relié à la poulie *p'* par une bielle *l* qui est montée soit sur un excentrique, soit sur un arbre coudé. Le levier de battage est mobile autour d'un axe *o* suspendu au moyen de deux tiges jumelles et de deux roues hélicoïdales à une traverse supérieure, qui repose sur le bâti général en bois au moyen de ressorts puissants *u*. Ces ressorts ont pour but de compenser les réactions pendant le battage, et les roues hélicoïdales permettent de relever ou d'abaisser l'axe *o* du balancier.

Le mouvement du balancier lui est donné par la bielle *l*, comme nous l'avons dit. Dans un premier dispositif, M. Raky désembrayait la bielle au moment où la tige était soulevée, de façon à laisser l'ensemble de la tige et du trépan descendre en chute libre. Ce débrayage était obtenu au moyen d'une poulie tendeuse *t* agissant sur la courroie de commande et maintenue contre cette courroie par un levier à contrepoids S. La poulie *p* portait de son côté une came qui soulevait ce contrepoids au moment où la descente de la tige commençait; le contrepoids, en se soulevant, écartait la poulie tendeuse de la courroie, et la bielle n'avait plus aucune action sur le balancier.

Dans la suite, M. Raky a reconnu que ce débrayage était inutile et que le mouvement communiqué par la bielle au balancier n'avait aucun inconvénient, en raison de l'action des ressorts de suspension. La came a donc été supprimée et le contrepoids ne sert plus qu'à opérer la tension de la courroie.

Dans les différents mouvements du balancier, en effet, l'axe ne reste pas immobile; il est animé d'un mouvement de translation verticale dû à la flexion des ressorts de suspension. Cette translation a pour effet de projeter avec force le trépan contre le fond du trou, et ensuite d'opérer vers la fin du coup une résistance due à la compression des ressorts, qui équilibre le poids et la force vive de la tige et qui permet au trépan d'arriver au fond seulement avec sa force vive et celle de la tige de surcharge. Le trépan,

après être venu frapper le fond du trou, revient alors aussitôt en arrière par suite de son ressaut sur la roche et des ressorts qui se détendent et remontent le balancier, concurremment avec la bielle qui agit dans le même sens.

Les ressorts sont réglés de façon que le trépan au repos reste à une certaine distance du fond du trou. Ces ressorts d'équilibrage sont augmentés au fur et à mesure de l'approfondissement; on voit que leurs fonctions sont essentielles, car ils jouent le rôle d'équilibreurs et de récupérateurs. Ils permettent d'opérer des sondages rapides, avec une faible course de 0 m. 12 à 0 m. 15, en raison de l'importance de la masse en action, avec une vitesse de 110 à 130 coups, et d'atteindre de grandes profondeurs allant jusqu'à 700 mètres. Cependant, pour les profondeurs qui dépassent 300 mètres, on préfère, par prudence, intercaler vers le milieu une coulisse simple qui amortit les réactions.

Nous avons dit que toutes les tiges étaient suspendues au balancier par un dispositif spécial. Ce dispositif, représenté sur la planche, se compose de deux colliers de serrage à charnière superposés *r*, munis d'une bague de friction en deux pièces, qui peut être serrée contre la tige par des tocs à double manette X. La manette horizontale sert à faire tourner la tige pendant le battage. Ces deux colliers de suspension permettent de faire descendre la tige de sonde de la quantité convenable, sans interrompre le battage. A cet effet, le collier inférieur porte quatre tiges verticales qui traversent le collier supérieur et sont reliées à leur partie supérieure par un fer plat. Ces tiges servent d'âme-guide à 4 ressorts à boudins fixés à leur extrémité supérieure au fer plat, et à leur extrémité inférieure au collier supérieur. Ces ressorts ont un jeu de 0 m. 15 environ.

Lorsque, pendant le battage, on veut descendre la tige, on desserre, au moyen du toc, le collier supérieur; les ressorts, qui étaient bandés, se détendent en relevant le collier de 15 millimètres. On resserre rapidement ce collier, et on desserre le collier inférieur. La tige glisse alors par son poids, ramène le collier supérieur au contact, tandis que les ressorts se bandent à nouveau. Cette manœuvre est très rapide; l'avancement se fait donc très progressivement et sans interrompre la marche. Le chef sondeur perçoit facilement par l'intermédiaire de la tige les inégalités du fond et ne l'allonge qu'au moment où cela est nécessaire, et lorsqu'il est sûr que son trou est droit.

Le montage des tiges successives se fait également avec facilité et rapidité. Lorsque la douille d'une tige est près d'atteindre le collier supérieur, on démonte celui-ci, sans interrompre le battage, puis on agit sur les roues hélicoïdales de la suspension pour descendre progressivement l'axe du balancier. Lorsque les tiges filetées de la suspension sont à fond de course, on arrête le battage, on démonte le collier inférieur, on relève le balancier, on visse une nouvelle tige, on remet les colliers en place sur cette nouvelle tige et on reprend le battage. L'arrêt ne demande que quelques minutes.

La tige de sonde se termine à la partie inférieure par un trépan à jour vissé sur la tige de surcharge, à laquelle est reliée directement la tige de sonde. Le tout est donc absolument rigide. C'est cet ensemble qui est mis en action par le balancier, et dont les réactions sont absorbées par la suspension élastique. Toutes les tiges (ainsi que le

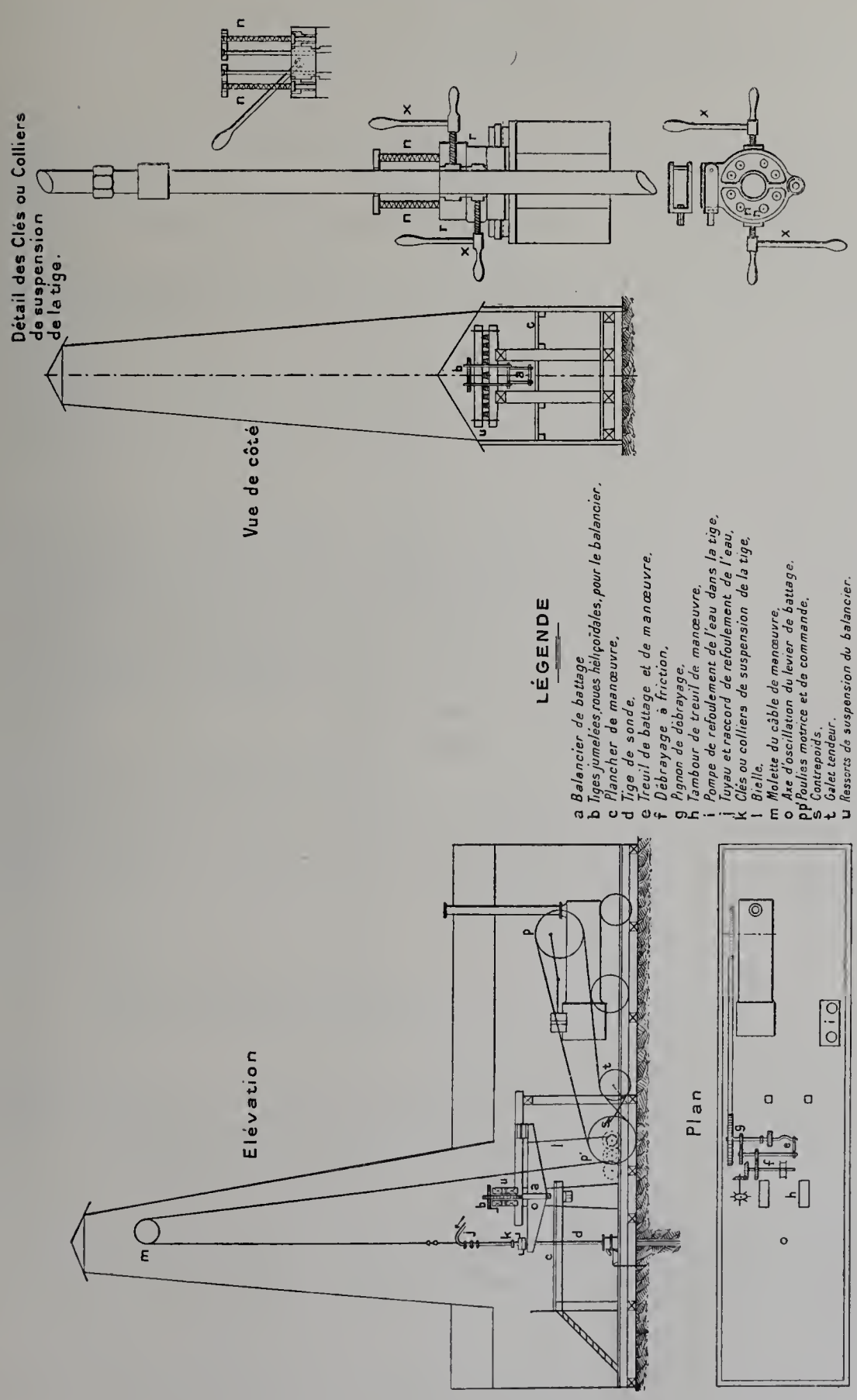


Fig. 59. — Appareil de sondage, système Raky, et son installation.

trépan) sont creuses, et une pompe refoule de l'eau dans la colonne des tiges. On connaît les avantages de cette injection d'eau, imaginée par Fauvelle. Nous n'insisterons donc pas.

Ce système, nous l'avons dit, permet de substituer au battage le forage par rotation au diamant. Il suffit, pour cela, de remonter la colonne des tiges, de substituer au trépan une couronne à diamant et le tube à carottes, de fixer à nouveau et descendre les tiges et d'imprimer à l'ensemble un mouvement de rotation par un dispositif très simple mû par la machine à vapeur.

Le procédé Raky a suffisamment fonctionné pour qu'on puisse actuellement avoir des données sérieuses sur son rendement. Dans les terrains de dureté moyenne on obtient un avancement de 1 mètre environ à l'heure; cet avancement se réduit à 0 m. 50 ou 0 m. 60 dans les terrains durs, soit à peu de chose près le double de ce qu'on obtient par les procédés ordinaires. Si l'on compte le temps pris pour le tubage, on arrive à des avancements moyens journaliers (24 heures) de 12 à 20 mètres dans les terrains ordinaires et de 10 à 8 mètres dans les terrains durs.

Ce système est très souple; il permet de régler l'action du trépan suivant les terrains à traverser. En particulier, quand on opère dans des terrains crevassés, ou lorsqu'on est exposé à rencontrer des failles, on peut régler les ressorts de façon à leur faire absorber non seulement la force vive des tiges, mais encore tout ou partie de celle de la tige de surcharge et du trépan, ce qui permet de traverser ces terrains sans exposer le trépan à s'engager ou tomber dans les failles ou les crevasses.

Avant de terminer cet exposé, nous citerons les résultats obtenus dans quelques sondages intéressants réalisés avec ce système, et en particulier dans celui de Cransac (Aveyron). Dans le sondage de Cransac (mai à juillet 1897), on a atteint en quatre-vingt-sept jours (ou exactement quatre-vingt-un en tenant compte des repos) une profondeur de 550 mètres se décomposant ainsi :

170 mètres de schiste;
255 mètres de grès;
125 mètres de grattes ou poudingues à gros éléments de quartz.

Le forage avait 225 millimètres en tubage.

L'avancement moyen journalier, en comprenant les repos et les prises d'échantillons au diamant ainsi que réparations diverses, a été de 6 m. 25; l'avancement s'élève à 8 m. 63, en ne comptant que les journées de travail proprement dites.

Le plus fort avancement obtenu a été 24 m. 30 dans des terrains composés de : 4 m. 30 de grès francs, 4 mètres de grès grossiers et 16 mètres de schistes et grès.

Un autre sondage à Ronchamp, en 1896, a atteint 90 mètres en douze jours, sur un diamètre de 95 millimètres en tubage, soit 7 m. 50 par jour (grès et poudingues très durs).

Nous citerons encore quatre sondages exécutés en Allemagne sur des profondeurs variant de 600 à 700 mètres avec un avancement moyen de 8 m. 35.

Appareil de sondage à battage rapide et à course variable instantanée, système P. Arrault.

Le dispositif réalisé par M. P. Arrault (fig. 60), pour obtenir le battage rapide, est très simple. Il permet des installations rapides et peut rendre, dans beaucoup de cas, de grands services.

L'appareil repose sur le principe de l'entraînement d'une courroie par une poulie, quand elle est appliquée sur celle-ci avec suffisamment de force pour obtenir l'adhérence. Au-dessus du trou de sonde est montée une roue R, à jante assez large. Cette

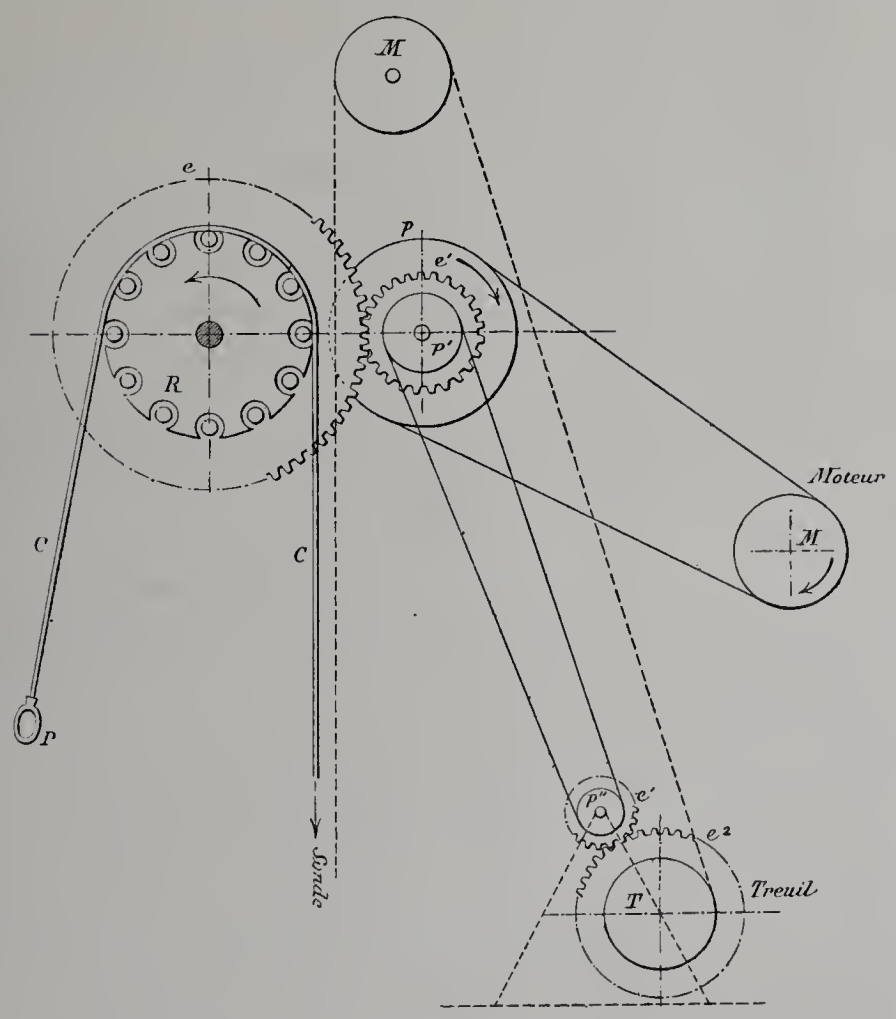


Fig. 60. — Schéma de l'appareil de battage rapide à course variable instantanée, système P. Arrault.

jante porte un certain nombre d'alvéoles dans lesquelles sont logés, suivant les génératrices de la jante, des galets montés sur des axes flexibles. Quand la jante est libre, ces galets dépassent la surface extérieure de cette dernière. Ils peuvent rentrer dans leurs alvéoles dès qu'ils sont soumis par une courroie à une pression suffisante. Sur cette roue R est placée une forte courroie en cuir C, dont la largeur varie suivant le poids à soulever. Une extrémité de cette courroie est fixée à la tige rigide ou au câble de la sonde.

IMPRIMERIE NATIONALE.

L'autre extrémité porte une poignée P sur laquelle on agit à la main (un ou plusieurs hommes). Lorsqu'on opère une traction sur la courroie, les galets rentrent dans les alvéoles, la courroie s'applique sur la jante de la poulie R, qui l'entraîne dans son mouvement de rotation en soulevant la sonde. Dès qu'on abandonne la traction, la sonde retombe en entraînant la courroie, qui glisse alors sur les galets sortis de leurs alvéoles (ce qui évite l'usure de la courroie). Par des tractions répétées on arrive à obtenir une vitesse de battage de 100 coups par minute pour une petite chute de 0 m. 10 à 0 m. 15 et de 70 à 80 coups pour une chute de 0 m. 55 à 0 m. 60.

La sonde est ainsi actionnée sans choc brusque, et la course peut varier à volonté, suivant les terrains à traverser.

La poulie R est fixée à une roue d'engrenage e mise en mouvement par un engrenage plus petit e', lequel est actionné au moyen d'une courroie par un petit moteur M à pétrole ou à vapeur.

La roue dentée e' porte une poulie p' qui peut, au moyen d'une courroie, transmettre, lorsqu'elle est embrayée, le mouvement à une poulie p'' qui commande le treuil T par l'intermédiaire des engrenages e_1 et e_2. Ce treuil, sur lequel s'enroule un câble venu de la poulie supérieure M, permet d'opérer le nettoyage du trou à la cuiller, ou le remontage de la sonde.

Quand la sonde atteint un poids assez considérable, supérieur à 300 kilogrammes, ou lorsque les terrains sont mous et collants, on emploie un arbre intermédiaire, avec débrayage mécanique à la main ou automatique, qui vient donner la puissance nécessaire pour le travail.

Cet appareil a donné de bons résultats dans les applications qui en ont été faites (Métropolitain, Port de Dakar, etc.). Il s'applique aux divers modes de sondages (par câble, sonde rigide, avec ou sans injection d'eau).

Accroche-tube, système Arrault.

L'accroche-tube de M. P. Arrault (fig. 61) permet de saisir et de supporter, soit pour la descente, soit pour la montée, jusqu'à 70 à 80 mètres de colonne, d'un poids maximum de 80,000 kilogrammes. Il est disposé de façon à permettre aussi le débaïonnettage des tubes.

Il se compose de guides H reliés à leurs deux extrémités par des traverses T et T′ se réunissant au centre en un collier que traverse une tige centrale destinée à être reliée à la tige de sonde. Cette tige centrale A porte un solide pas de vis sur les trois quarts de sa hauteur. Cette partie filetée traverse un écrou E qui porte des bras latéraux articulés avec des biellettes B dont les axes sont fixés aux guides de l'outil. Ces biellettes portent des griffes excentrées G. L'écrou E porte en outre une tige verticale D, guidée par une ouverture de la traverse inférieure T′. Cette tige D présente deux doigts d et d' dont nous verrons le rôle tout à l'heure.

En dessous de la partie filetée de la tige, se trouve un collier à rochet C. Ce collier

est monté sur la tige à frottement doux et porte un tenon intérieur qui coulisse dans une rainure de la tige. Lorsque le collier C est à sa position la plus haute, il vient en prise avec un cliquet à ressort R porté par un des guides. Le rochet et le cliquet sont combinés de façon à empêcher la vis de tourner de droite à gauche.

L'appareil étant dans la position de la figure, les griffes sont effacées; le doigt *d'* ayant contribué à soulever le rochet C à sa position supérieure est immédiatement au-dessous de lui. On introduit l'appareil dans le tube. Puis, lorsqu'il est arrivé à la profondeur voulue, on tourne la vis de gauche à droite.

L'écrou E descend et abaisse les biellettes; les griffes sortent des guides et entrent dans le tube. Le rochet est resté en contact avec le cliquet; si on tourne la tige de droite à gauche, le rochet immobilise la vis et l'outil tout entier est obligé de tourner avec la tige, entraînant le tube et produisant le débaïonnettage.

Il peut toutefois se produire un coincement du tube qui empêche le débaïonnettage, ou même l'extraction. Dans ce cas, pour dégager l'outil, il suffit de continuer à tourner de gauche à droite comme pour engager l'outil. Le rochet tourne, l'écrou E continue à descendre et, au bout de trois tours, le doigt *d* vient prendre appui sur le rochet, l'abaisse et le dégage du cliquet. On tourne alors à gauche, ce qui est possible puisque le déclicquetage est opéré; l'écrou E remonte et dégage peu à peu les griffes du tube.

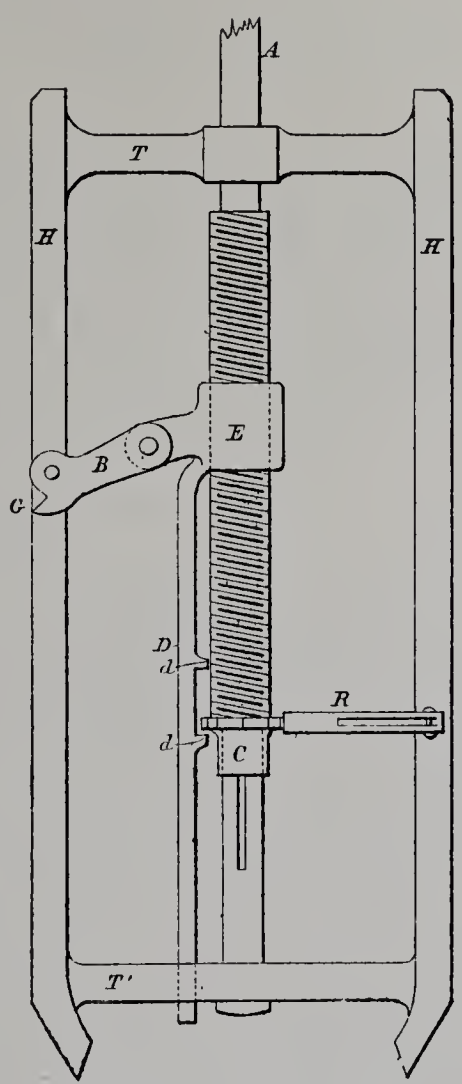


Fig. 61. — Accroche-tube, système P. Arrault.

Lime-tuyaux Lippmann.

Pour opérer la section des tuyaux de grands diamètres supérieurs à 0 m. 550, M. Lippmann a été conduit à remplacer le galet tranchant de son coupe-tuyau, en forme de galet de tour, par un galet à lime arrondie et plate. Ce système donne des sections très nettes et ne présente pas l'inconvénient du premier système, dont l'outil s'émoussait rapidement, en particulier à cause de l'épaisseur de la tranche de la couture des tuyaux, qui lui imprimait de brusques ressauts.

Pique-tuyaux Lippmann.

M. Lippmann emploie un pique-tuyau à 4 ou 6 branches verticales, articulées à leur extrémité inférieure et actionnées à leur autre extrémité par un cône à vis qui fait

pénétrer dans la tôle les pointes d'acier chromé dont elles sont munies. La pénétration de ces pointes peut être réglée à volonté, de façon à obtenir des trous de dimensions voulues. Cet appareil permet d'exécuter 80 à 100 trous à l'heure dans des tuyaux de 4 à 5 millimètres d'épaisseur.

Tuyaux.

M. Lippmann emploie des tuyaux en tôle d'acier cintrés à froid et rivés. Il opère les jonctions au moyen de manchons en tôle rivés. Il est arrivé à cintrer à froid des tuyaux de 0 m. 31 à 0 m. 125 de diamètre, et d'une longueur de 8 mètres. Ce sont les plus longs de ce genre qu'on ait pu obtenir jusqu'ici. Les cylindres de sa machine permettent d'obtenir couramment les longueurs de 4 mètres. La longueur remarquable de 8 mètres est obtenue par un tour de main particulier.

Répérage de l'orientation des carottes-témoins, appareil Arrault.

M. P. Arrault a combiné un appareil qui permet, avant l'extraction de la carotte-témoin, de marquer sa tête d'un signe dont l'orientation est enregistrée. L'appareil se compose d'une boîte cylindrique en bronze phosphoreux qui contient une boussole munie d'un mouvement d'horlogerie à déclic automatique réglable à volonté. La partie inférieure de ce cylindre porte un tampon linéaire à encre grasse.

Pour opérer un repérage, on remonte le ressort du mouvement d'horlogerie. Celui-ci se met en marche; on règle le déclic de façon à ce qu'il fonctionne au bout d'un temps donné qui dépend de la profondeur à atteindre. On encre ensuite le tampon. La surface supérieure de la carotte-témoin ayant été bien dressée, on fait descendre l'appareil, qui s'arrête sur la carotte. Le tampon s'appuie sur cette dernière et y imprime sa marque. L'aiguille de la boussole, agitée par la descente, se met lentement au repos et le déclic (qui a été réglé dans ce but), fonctionnant alors, immobilise l'aiguille de la boussole. On remonte l'appareil et on note l'orientation du tampon au moyen de la boussole immobilisée. Cette orientation est celle de la marque laissée sur la carotte.

Ce procédé rend des services précieux pour déterminer la direction exacte des couches géologiques. Il aurait fonctionné déjà à plusieurs reprises et avec plein succès.

Forages de puits pour captation d'eau.

M. Lippmann emploie un procédé particulier pour les puits destinés à recueillir et utiliser le plus grand volume d'eau possible.

Il atteint la base des terrains aquifères avec un grand diamètre de forage, de façon à rendre facile l'installation intérieure d'une pompe puissante (pompes à fourreau, à double ou à simple effet, pouvant donner, dans les forages de 0 m. 50, jusqu'à 180,000 litres à l'heure, avec deux pistons).

Le diamètre de forage varie entre 0 m. 40 et 0 m. 80; il peut être conservé sans

grande réduction jusqu'au fond à atteindre. Pendant le travail, on relève les couches aquifères et on étudie la nature de l'eau et l'importance du débit. Puis on les franchit avec le tubage plein qui suit l'approfondissement.

Une fois le travail terminé et le tubage descendu à fond, on descend à l'intérieur un cuvelage définitif à section unique comprenant des parties lanternées, placées exactement en regard de chaque nappe reconnue utilisable. Le lanternage est fait en trous ronds de 4 à 6 millimètres ou en traits de scie très fins, suivant la nature des couches aquifères. La totalité du lanternage représente à chaque étage une section équivalente à trois fois au moins celle du cuvelage. Ce cuvelage définitif posé, on extrait le tube extérieur, puis on enveloppe le cuvelage central d'une chemise en béton dans toute la partie supérieure, pour isoler les eaux du forage de celles qui pourraient provenir de la nappe supérieure superficielle, souvent contaminée ou de mauvaise qualité.

FORAGE AU DIAMANT.

Le procédé qui consiste à utiliser le diamant dans le travail des roches dures date de loin. Dès 1854, on trouve des tentatives diverses de cette utilisation. Sans entrer dans le détail de ces essais, on peut dire d'une façon générale que la difficulté contre laquelle ils sont venus presque tous s'échouer consiste dans le mode de fixation du diamant sur les outils, ainsi que son prix élevé. Ce n'est que depuis quelques années que l'on a pu réaliser cette fixation d'une façon convenable et que l'on est parvenu à employer les diamants noirs et le boort ou diamant cristallisé; et c'est depuis ce moment que l'emploi du diamant dans les forages ou les sciages s'est développé industriellement.

Le diamant se fixe par sertissage à froid ou à chaud, suivant les constructeurs, comme on le verra dans les études suivantes; il semble que le sertissage à chaud, rapide, ait cependant la préférence; il donne un serrage du diamant plus parfait, tout en lui conservant toute sa dureté.

On a craint que la chaleur nécessaire à l'opération n'altérât le diamant. Les expériences faites par M. Moissan et M. Fromholt ont prouvé que, moyennant certaines précautions, le boort et le carbone supportaient une action momentanée de la chaleur sans perdre leurs qualités. Le carbone, toutefois, supporte moins bien cette épreuve que le boort et son sertissage à chaud doit être très rapidement fait.

Nous allons étudier les appareils de forage au diamant exposés et nous verrons plus loin la scie diamantée de M. Fromholt.

Appareils de sondage Woïslaw (Saint-Pétersbourg).

Les appareils réalisés par M. Woïslaw, ingénieur des mines, de Saint-Pétersbourg, sont des sondeuses au diamant, manœuvrables à main et destinées au travail dans les roches dures. Ils sont très légers et facilement transportables. Nous allons donner la description des deux types principaux.

1° *Appareil de sondage système Woïslaw* (fig. 62). — Il se compose d'un affût, de tiges et d'une sonde cylindrique.

Affût. L'affût de la sonde se compose de deux arbres *aa*, et de deux pignons coniques *bb*, qui engrènent avec un autre pignon conique *c*, fixé sur une douille *d* qui tourne

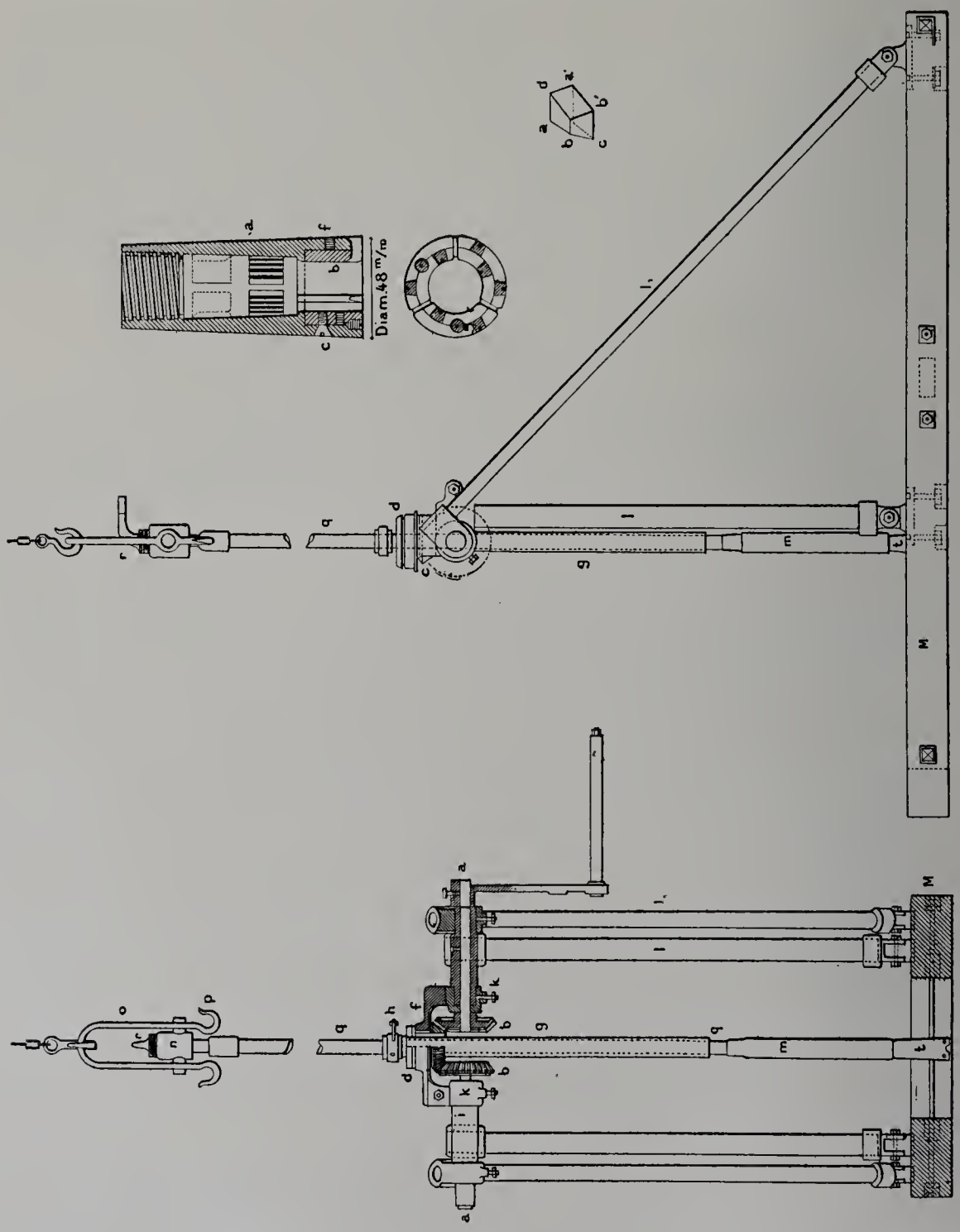


Fig. 62. — Appareil de sondage au diamant, système Woïslaw. Type portatif et manœuvrable à la main.

dans la traverse à levier *f*. La douille porte une entaille longitudinale dans laquelle vient se loger une saillie portée par un manchon en bronze *g*. Ce manchon est muni dans sa partie supérieure de trois vis de pression *h*, servant à serrer la tige de la sonde *qq*, qui passe à l'intérieur. La tige de la sonde, serrée par les vis dans le tuyau *g*, peut

descendre librement avec le tuyau et suivre en même temps le mouvement de rotation que lui impriment les pignons. La traverse à levier est fixée aux douilles *i* des arbres *a*, au moyen de deux anneaux *k*, qui sont serrés aux douilles par des vis. En faisant tourner ces anneaux sur les douilles avec la traverse, on peut donner à la douille de la traverse et à la tige de la sonde l'inclinaison que l'on veut.

Les douilles des arbres sont fixées sur deux paires de piliers creux *l* et l_1 qui font charnière avec un châssis solide *m*. En retirant les boulons des piliers de devant et en faisant sortir ces derniers des charnières, on peut poser tout l'affût sur le châssis, ce qui rend très facile l'emballage et le transport de l'appareil.

Tiges. La tige se compose : 1° d'allonges tubulaires creuses à surface lisse et s'ajustant l'une à l'autre au moyen de douilles à vis à filet trapézoïdal; 2° d'une clef de relevée, composée d'un anneau de suspension *n*, de l'étrier *o* et de la boîte *r*; la douille de la clef de relevée est filetée à gauche pour éviter le dévissage, il en est de même de l'extrémité supérieure de la première allonge, munie d'un manchon extérieur.

La clef de relevée est munie de deux crochets *p*, auxquels on suspend des poids chaque fois qu'il est nécessaire d'augmenter la pression sur la base du trou de sonde, lorsque le poids de la tige est insuffisant (cas des petites profondeurs). On suspend également des poids à ces crochets pour produire la pression nécessaire dans les sondages horizontaux et dans une direction inclinée.

Perforateur. Le perforateur *m* se compose d'un cylindre creux dans lequel est logé un emporte-pièce. Ce cylindre est ajusté à la tige au moyen d'un manchon d'accouplement. Sur l'extrémité inférieure est vissée la couronne *t* (fig. 2); toutes ces pièces sont à filet trapézoïdal.

Le creux de la partie supérieure de la couronne a la forme d'un cône tronqué et renversé. C'est dans ce creux qu'est logé l'emporte-pièce, formé par un anneau conique coupé dont la face intérieure est munie de cannelures longitudinales. La carotte de la roche forée par la sonde pénètre dans le creux du cylindre et vient s'engager dans l'emporte-pièce; celui-ci, étant poussé vers le haut du cylindre par l'avancement de la sonde, est arrêté à un certain point par des saillies portées par l'intérieur du cylindre, tandis que la carotte continue à avancer. Lorsqu'on relève la tige, l'emporte-pièce dans lequel est engagée la carotte de la roche forée redescend dans le creux qui se rétrécit vers sa base, de façon que l'emporte-pièce se resserre graduellement et finit par arracher la carotte de la roche.

L'eau destinée au déblayage est amenée dans le trou de sonde par un tuyau en caoutchouc relié à la tête de la tige au moyen de la boîte de la clef de relevée.

La pompe foulante fonctionne indépendamment du mouvement rotatif de la tige.

La couronne. Une des particularités intéressantes de la sonde Woïslaw consiste dans le système d'encastrement des diamants dans la couronne.

On pratique dans l'extrémité d'un clou en acier une cavité correspondant aux dimensions du diamant qu'il s'agit d'encastrer; puis, après avoir chauffé le clou à blanc, on introduit rapidement dans la cavité le diamant enveloppé dans une mince feuille d'acier

($0^{mm}02$) couverte de soudure (Schweisspulver), après quoi on introduit rapidement le clou dans une presse spéciale qui enfonce le diamant dans la masse d'acier. Celle-ci se soude en même temps à la feuille d'acier qui enveloppe le diamant. De cette façon, le diamant s'encastre fortement dans la masse d'acier du clou. On coupe ensuite l'extrémité du clou munie du diamant et on lui donne, en la limant, la forme voulue pour l'encastrer dans la couronne. Généralement on donne à ces clous la forme indiquée à la figure; une des faces *aa'* est plus grande que la face parallèle *bb'*, la face *a'c* est aussi plus grande que la face *bd* qui lui est parallèle; une partie du diamant ressort de la face *bb'* ou *bd*.

La partie inférieure de la couronne se compose de deux cylindres; on pratique dans ces cylindres des cavités correspondant à la forme des clous; ceux-ci sont introduits dans le cylindre extérieur *a* par la face intérieure de ce dernier et dans le cylindre intérieur *b* par la face extérieure. Puis on introduit le cylindre intérieur dans le cylindre extérieur et on les serre au moyen de la vis *c*. Les diamants du milieu sont encastrés dans des clous cylindriques qui sont, à leur tour, solidement fixés dans des cavités cylindriqnes pratiquées dans la couronne; il en est de même des diamants latéraux *ff*. On soude ensuite soigneusement toutes les fissures en y versant de l'étain.

Les diamants (noirs) employés varient de 1/2 à 3/4 de carat. Leur nombre, dans la couronne de 48 millimètres, est ordinairement de 18, dont 6 latéraux. Ces derniers permettent de régulariser les parois du trou de sonde, même lorsque les diamants extérieurs viennent à l'user.

Méthode pour opérer les sondages système Woïslaw. — M. Woïslaw indique pour son appareil le mode opératoire suivant :

1° Si on doit attaquer la roche dure à la surface même du sol, il y a lieu tout d'abord de forer, au moyen d'un trépan simple, un trou de faible profondeur, suffisant pour que la couronne de la sonde à diamant puisse s'y loger. La couronne pouvant alors être fixée sur le terrain à forer, le sondage au diamant peut commencer;

2° Si le trou de sonde a déjà traversé des roches tendres jusqu'à une certaine profondeur, il est nécessaire de tuber le sondage afin de continuer l'opération par la méthode par percussion à trépan ; le diamètre de ces tubes ne doit pas dépasser 60 millimètres;

3° Quand le trou de sonde a atteint de nouveau la roche dure, on continue le sondage à percussion pour creuser un logement dans cette dernière, destiné à la couronne à diamant, puis on place l'affût sur l'orifice du trou, de manière que l'axe du tuyau de bronze *g* (placé verticalement ou dans une position inclinée selon la direction du forage) corresponde au centre de la base du trou de sonde, c'est-à-dire au creux opéré dans la roche dure.

Une fois que l'affût est ainsi placé, on introduit la première tige dans le tuyau *g* et on la serre au moyen de trois vis de pression *h* au milieu du tuyau, de manière que le bas bout de la tige sorte à peine du tuyau. On visse ensuite, dans l'extrémité inférieure de la tige, le cylindre creux *m* et dans ce dernier la couronne avec l'emporte-pièce.

Puis on ajuste en haut de la tige la tête de sonde avec la boîte *i*, et on fixe sur le bout du tube de la boîte le tuyau en caoutchouc de la pompe foulante.

On met alors en marche.

Une chèvre a été placée sur l'appareil pour la manœuvre des tiges. Si le trou de sonde atteint une grande profondeur, on équilibre les tiges en suspendant à une chaîne ou à une corde engagée dans la poulie du chapeau et fixée par son autre extrémité à la clef de relevée un panier ou caisse dans lequel on met des poids au fur et à mesure que la longueur de tiges augmente.

On doit arrêter le sondage et examiner la couronne dès qu'on remarque une trépidation de la tige et qu'il devient impossible d'injecter l'eau dans la sonde.

Si l'examen de la couronne fait constater la fracture d'un diamant, on fait descendre dans le trou les tiges seules et on ramène les débris du diamant à la surface par un puissant jet d'eau; si cette opération ne réussit pas, on verse sur la base de la couronne ou de la tarière fermée (si on l'a sous la main) de la cire et on fait descendre avec précaution l'outil dans le trou. Les débris du diamant s'attachent à la cire et on les remonte. Il est encore plus simple de fixer solidement dans le creux de la tige un petit cylindre massif en bois, à base inégale couverte de cire et de le faire descendre ensuite sur la base du trou de sonde.

Dans le cas où les trous de sonde présentent des fissures par lesquelles l'eau se perd, M. Woïslaw préconise l'emploi du ciment hydraulique, que l'on verse dans le trou et qui, par sa prise, obture ces fissures. On reprend le forage lorsque cette prise est terminée. L'appareil de 0 m. 48 de diamètre peut forer jusqu'à 120 mètres. Il pèse, affût et accessoires, 400 kilogrammes. Les tiges ont 1 mètre ou 2 mètres de longueur.

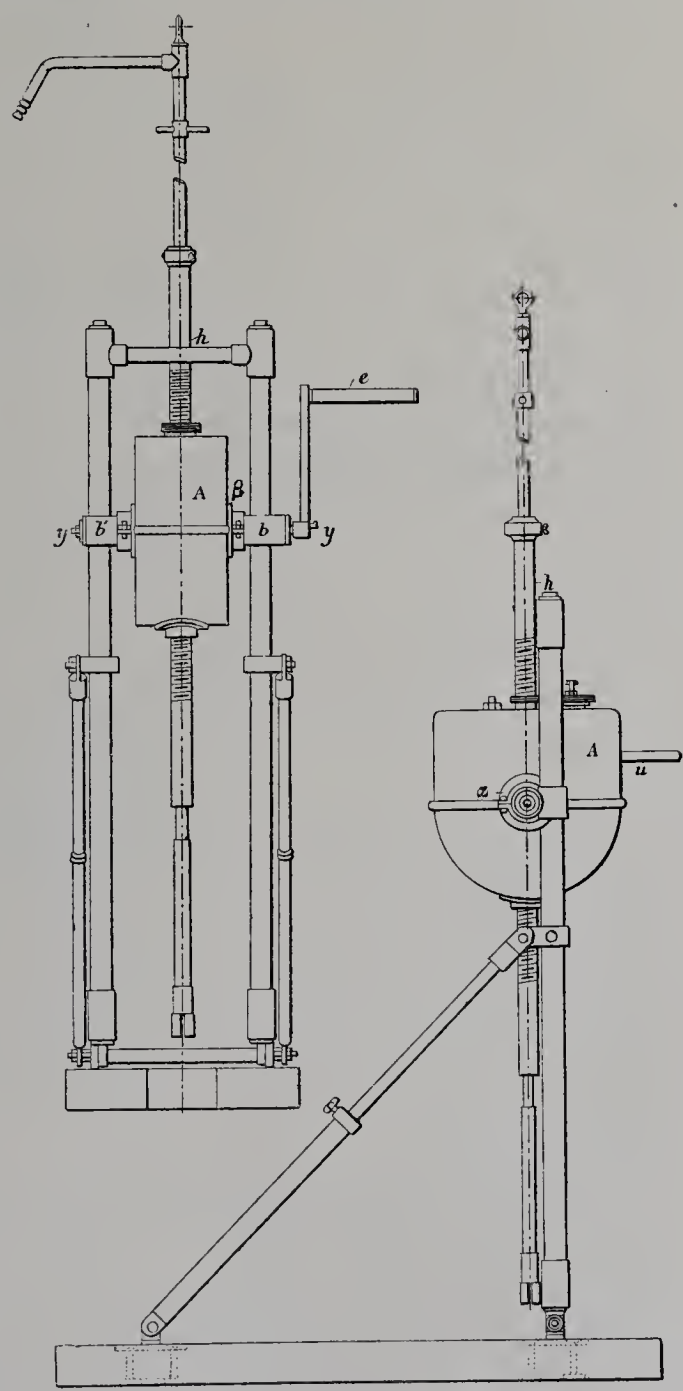


Fig. 63. — Perforatrice rotative à diamant, système Woïslaw-Koulecha. Vue générale de l'appareil.

2° *Appareil de sondage au diamant, système Woïslav-Koulecha* (fig. 63). — Cet appareil permet d'obtenir automatiquement une vitesse de rotation de l'outil en rapport avec la dureté des terrains traversés. La pression de l'outil sur la roche peut se régler aussi à volonté. L'appareil comprend : le cadre avec l'affût, un mécanisme moteur et régulateur et des tiges de sondage portant comme précédemment, en bas, le cylindre et la couronne à diamant, en haut, un presse-étoupe relié par un tube de caoutchouc à la pompe foulante.

L'affût comprend deux barres creuses réunies en haut par une traverse et soutenues par deux étais; les barres et les étais sont à charnière. Pour creuser sous des angles différents on peut mettre l'appareil dans une position inclinée en allongeant ou raccourcissant les étais, car ces derniers sont composés de tuyaux et de tiges glissant les uns dans les autres et peuvent être assujettis ensuite par des vis.

Le mécanisme moteur et régulateur de l'appareil est disposé de la façon suivante : dans l'écrou *b* tourne l'axe *a* (fig. 64), muni de la manivelle *c* et de la roue à dents coniques *d;* cette dernière engrène avec le pignon *g,* qui tourne dans l'écrou *f*; le pignon imprime un mouvement rotatif, au moyen de sa clavette, à la vis *h,* laquelle peut en même temps se déplacer le long de son axe en glissant sur la clavette du pignon. La vis *h* passe dans le double cône *k* (fig. 65), qui s'appuie par sa partie inférieure sur l'anneau conique *i,* et dont la partie supérieure est munie des entailles *l.* Dans ces trois entailles sont placées trois pièces métalliques rectangulaires *m,* dont les axes convergent vers l'axe de la vis *h.* Les extrémités intérieures de ces pièces sont filetées et, lorsqu'elles sont serrées contre la vis, font prise avec elles en formant écrou composé.

Ces pièces *m,* lorsqu'elles s'écartent de l'axe, se dégagent de la vis qui redevient libre. Ce mouvement de retrait ou d'entrée est dirigé par un tronc de cône renversé *o* situé au-dessus du double cône *k.* Des rainures *n* sont ménagées dans les parois du cône *o* et servent de guides à des saillies à tête portées par l'extrémité extérieure des pièces *m.* Lorsque le cône *o* s'élève, les saillies coulissent vers la large base du cône en écartant les pièces *m* de l'axe, et dégageant la vis *h.* Si le cône *v,* au contraire, s'abaisse, sa paroi intérieure repousse les pièces *m* à l'intérieur et les trois parties de l'écrou font prise.

Le cône *v* se prolonge à sa partie supérieure par un cylindre *v* qui traverse la partie supérieure de l'enveloppe générale du mécanisme où un écrou *s* le maintient. A l'intérieur, au-dessus du cône *o,* se trouve un levier *u,* mobile autour d'un axe porté par la tige *w.* Un ressort à boudin, réglable au moyen de la vis *d,* appuie ce levier contre le cône *o* par l'intermédiaire de deux galets de roulement *x.*

Sous cette pression, le cône *o* appuie sur le double cône *k,* qui s'appuie lui-même dans le collier *i.* Dans cette position, l'écrou *m* fait prise. Nous verrons le fonctionnement de cet appareil régulateur un peu plus loin.

Tout ce mécanisme moteur et régulateur est placé dans une boîte en tôle *h,* formée de deux parties réunies par des boulons et autour des cylindres axes *b* et *b'.* Ces deux

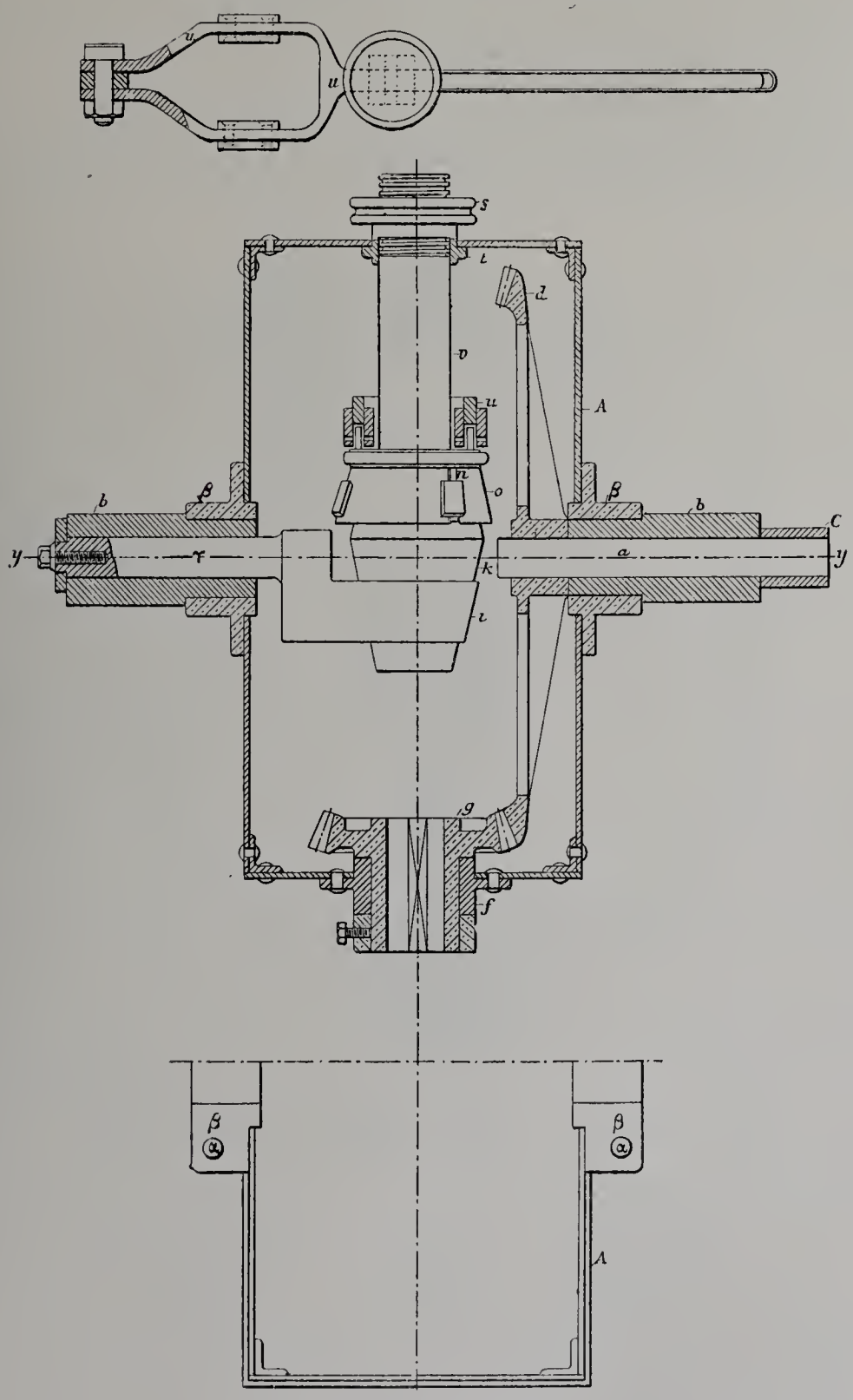


Fig. 64. — Perforatrice Woïslaw-Koulecha. Détails et coupe transversale.

cylindres b, b' sont montés sur l'affût au moyen de colliers dans lesquels ils peuvent se mouvoir, ce qui permet à l'appareil tout entier de prendre les inclinaisons voulues.

Les tiges de sonde creuses passent à l'intérieur de la vis creuse h; elles s'assemblent

à vis. La prise d'eau, le cylindre inférieur à emporte-pièce et la couronne sont les mêmes que dans l'appareil décrit précédemment.

Ceci posé, le fonctionnement du mécanisme est le suivant.

Les manivelles opèrent une rotation qui se transmet par l'engrenage *dg* à la vis creuse *h*. Le ressort *w* étant réglé, l'appui du cône *o* sur *k* et de *k* sur le collier conique *i*

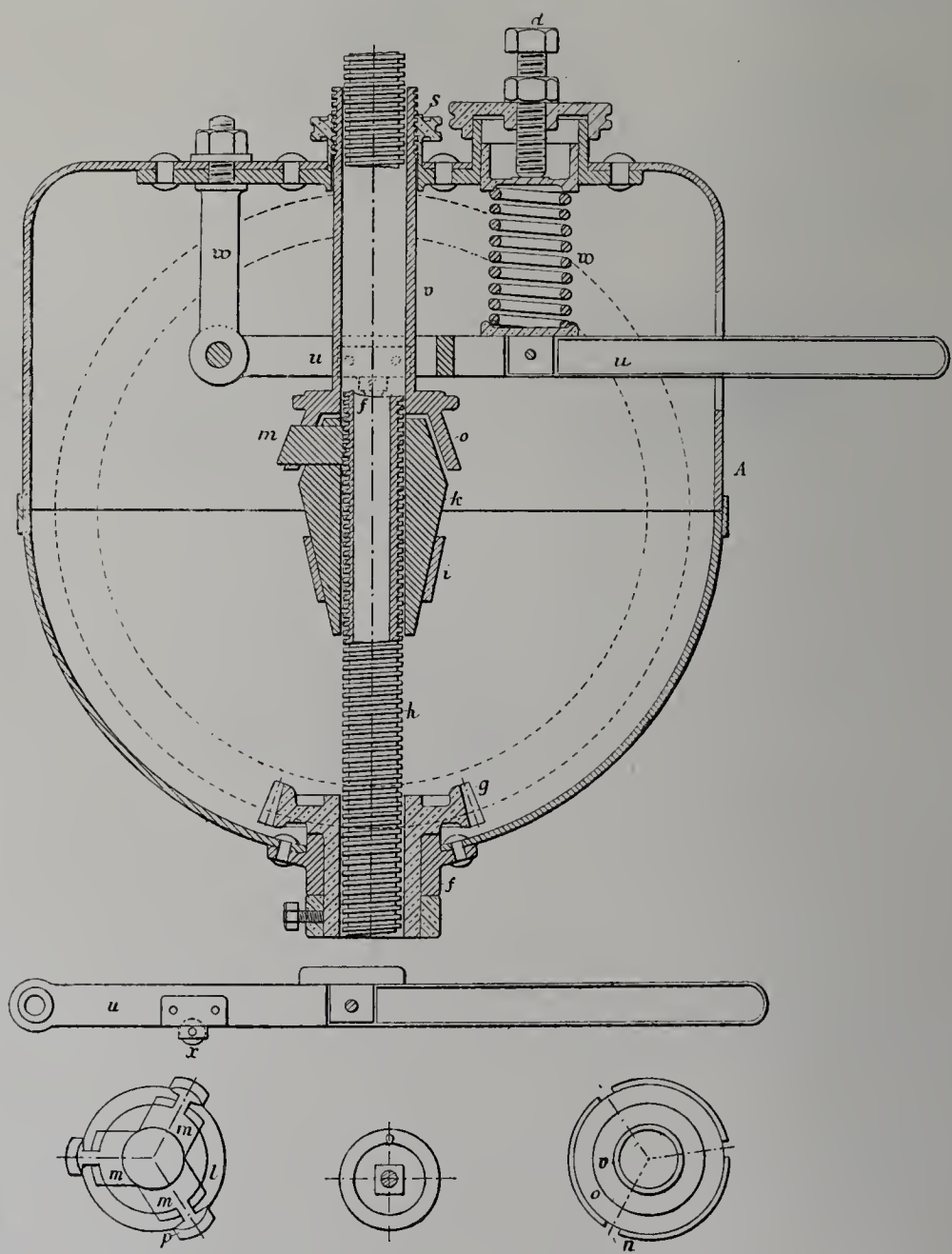


Fig. 65. — Perforatrice Woïslaw-Koulecha. Détails et coupe.

est suffisant pour immobiliser *k* dans ce dernier collier. L'écrou *m* étant en prise et immobilisé dans *k*, la vis *h* tourne et descend.

Si on rencontre une résistance supérieure à la pression, la vis ralentit son mouvement d'avancement, l'écrou *m* est légèrement soulevé, entraînant les cônes *k* et *o*. L'appui de *k* sur *i* diminuant n'est plus suffisant pour résister à la réaction de la vis sur

l'écrou, et tourne avec ce dernier d'autant plus vite que le soulèvement est plus grand. La vitesse d'avancement diminue donc jusqu'à ce que la résistance soit vaincue; dans ce cas, la vis redescend sous la pression du ressort, le double cône *k* revient en prise suffisante avec le collier *i* et s'immobilise. L'avancement se fait comme auparavant.

Si la résistance est trop forte, le double cône se soulève complètement en dégageant *k* du collier *i* et est entraîné ainsi que l'écrou avec la même vitesse que la vis, qui tourne alors sans avancer.

On voit que ce système permet d'opérer le forage sous une pression constante et avec une vitesse d'avancement qui se règle automatiquement suivant la résistance à vaincre. Lorsque l'on veut remonter la vis *h*, l'appareil étant arrêté, on soulève le cylindre *v* et le cône *o* en tournant l'écrou *s*. En s'écartant du double cône *k*, le cône *o* écarte les pièces *m* de l'écrou qui se dégage alors de la vis *h*. Celle-ci est alors libre et peut être relevée.

La vitesse normale de rotation de la vis *h* est de 150 tours à la minute, ce qui représente une rotation de 50 tours imprimée aux manivelles.

Le poids de l'affût et de ses accessoires est de 100 kilogrammes. Les tiges de sonde ont 0 m. 75. La profondeur atteinte est la même que pour l'appareil Woïslaw.

Perforatrice à diamant de la Bullock Manufacturing C°.

La perforatrice à diamant Bullock réalise un certain nombre de perfectionnements intéressants, tant dans la disposition générale de l'appareil que dans le mécanisme de rotation et d'avancement.

Les types réalisés par la maison Bullock varient depuis les perforatrices à bras (*The Bravo*) jusqu'aux machines forant des trous de 1,800 mètres de profondeur et d'une force de 50 à 80 HP. (*The Giant*).

Tous ces types, avec quelques modifications de détail, ont des caractères communs que nous allons décrire.

L'appareil normal Bullock comprend :

1° La machine motrice à un ou plusieurs cylindres;

2° Un bâti général supportant un treuil plus ou moins puissant destiné au levage ou à la mise en place des tubes; treuil muni d'un frein à friction;

3° Un mécanisme de rotation et d'avancement.

C'est ce dernier mécanisme qui est intéressant à étudier.

Il est entièrement porté, comme le montre la figure 66, par le *Swivel head* ou tête pivotante. Cette tête consiste en un cadre très solide, circulaire ou rectangulaire, mobile autour d'un axe vertical porté par le bâti. Elle supporte la tige creuse et son mécanisme d'avancement. Lorsqu'elle est fermée (fig. 67), appliquée contre le bâti, l'axe de la tige creuse est bien vertical et les engrenages sont en prise avec le pignon moteur du bâti. Lorsqu'elle est ouverte (fig. 66), au contraire, rabattue sur le côté, le trou de sondage est découvert, tout à fait accessible et les manœuvres nécessitées

par les tiges pour une cause ou pour une autre sont faciles et ne sont gênées par aucun obstacle. Ces manœuvres terminées, la tête étant refermée, la tige creuse vient se placer exactement au-dessus du trou foré, et le tout est absolument centré.

La tête étant fermée, le mouvement se transmet de la façon suivante (fig. 68) :

Le bâti est traversé par un axe moteur horizontal portant un pignon conique qui engrène avec l'engrenage conique C. Celui-ci est porté par la tête pivotante dont nous avons parlé; il est surmonté d'un manchon M portant des engrenages E, E_1, E_2, de pas différents. L'engrenage C et le manchon sont traversés par la tige creuse filetée A, qui porte

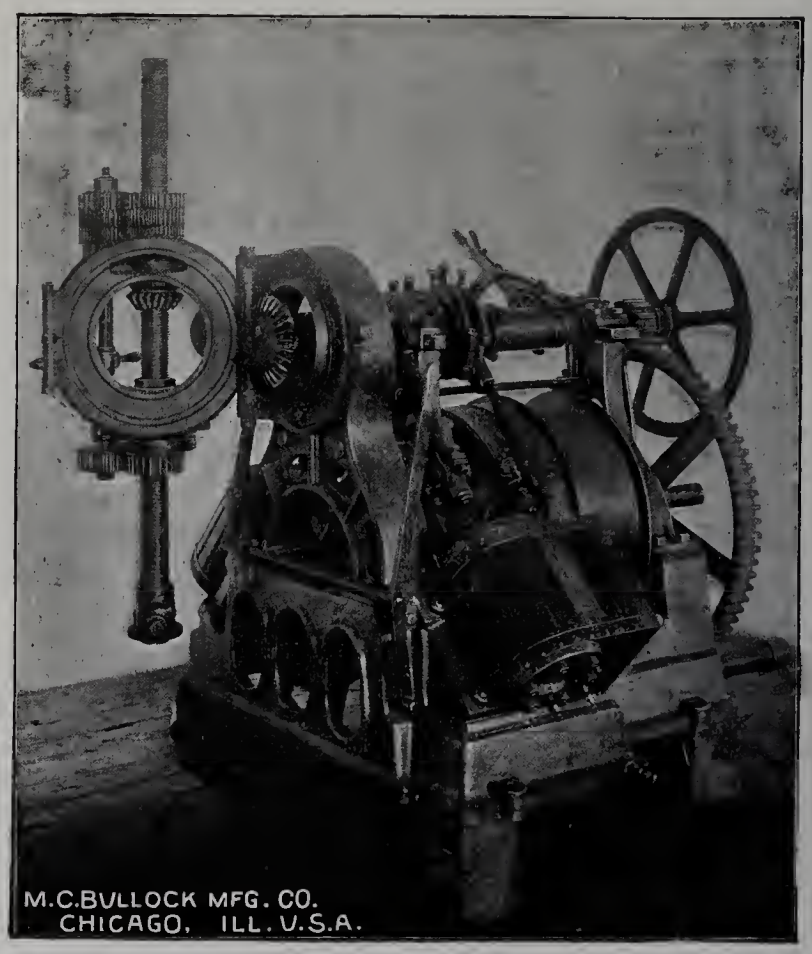


Fig. 66. — Perforatrice à diamant Bullock (tête pivotante ouverte).

une rainure longitudinale dans laquelle vient se loger une clavette portée par l'engrenage C. C'est cette clavette qui entraîne la tige A dans le mouvement de rotation de C

Parallèlement à A se trouve un second arbre vertical B supporté également par la tête pivotante; cet arbre porte à sa partie supérieure trois roues dentées E', E'_1, E'_2 s'engrenant avec E, E_1, E_2. Ces trois roues dentées sont folles sur l'arbre B, mais peuvent lui être isolément fixées par un doigt *g* sur lequel on peut agir avec la manette *m*.

L'arbre B se termine à sa partie inférieure par une roue dentée H engrenant avec une autre portée par un écrou D en prise avec les filets de vis de la tige creuse A. Cet écrou D est porté par la tête pivotante.

Ainsi donc l'engrenage C tournant entraîne l'axe A dans un mouvement de rotation très rapide, et engrenant avec l'une des roues E′ entraîne H et par suite D. Or les rapports des engrenages E et E′ sont calculés de telle sorte que l'écrou D tourne plus vite que A. Dans ces conditions, A est obligé d'avancer dans l'écrou.

Comme on dispose de trois rapports E′, E'_1, E'_2, on obtient donc, par le simple déplacement de la manette *m*, trois vitesses de l'écrou D et par suite trois vitesses d'avancement.

Ces rapports sont tels que l'avancement peut varier de 1/50 à 1/2400 de pouce à chaque révolution de l'axe A.

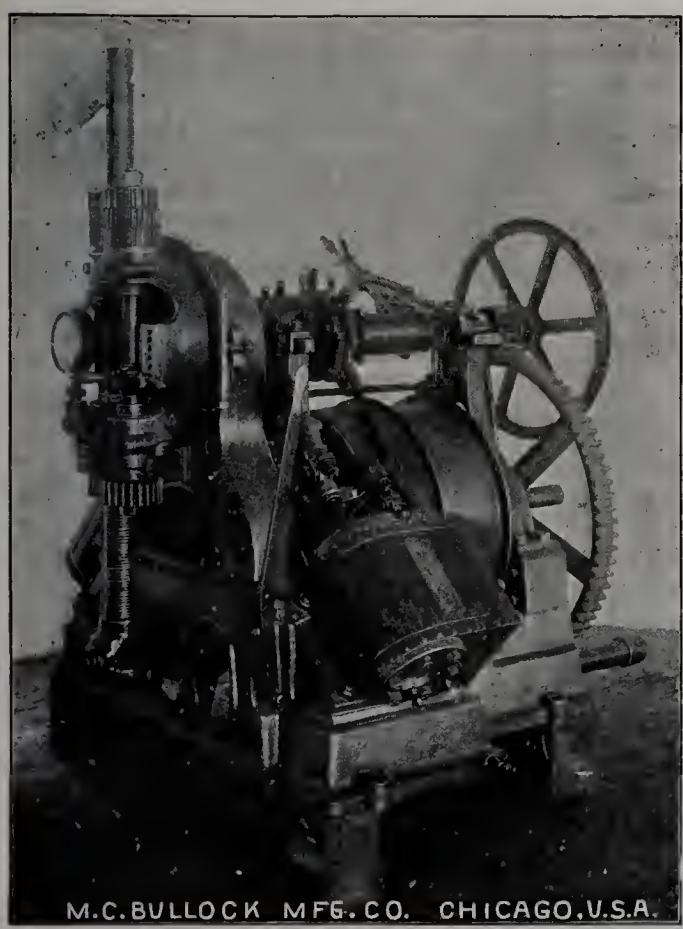


Fig. 67. — Perforatrice à diamant Bullock (tête pivotante fermée).

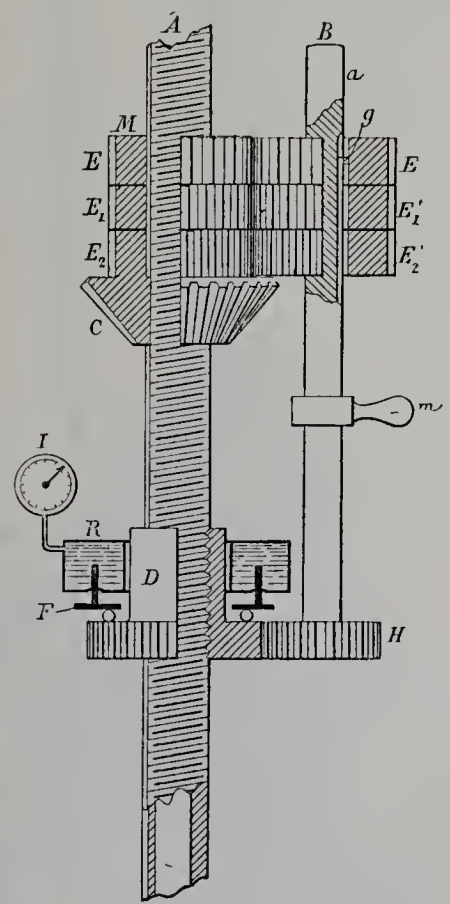


Fig. 68. — Schéma du mécanisme de la perforatrice à diamant, système Bullock.

La vitesse de rotation variant de 200 à 1,500 tours à la minute, on voit que les avancements peuvent varier de 4 ou 30 pouces à la minute à 1/12 ou 7.5/12, soit, en résumé de 1/12 de pouce à 35 pouces par minute (ou 2^{mm} 11 à 763^{mm}). Ce sont les limites extrêmes rarement utilisées et qui ne sont jamais dépassées.

Ce système est très sensible aux changements de nature dans les roches traversées quand leur dureté varie. En effet, à une augmentation de dureté correspond un travail plus grand du foret et par suite un ralentissement de la machine. L'ouvrier s'en aperçoit de suite, peut le noter et régler l'avancement en agissant sur la manette de façon à rétablir la vitesse de rotation.

Pour rendre enregistrables les variations de résistance dans les roches traversées, l'appareil peut porter un indicateur de pression.

Cet indicateur consiste en un réservoir d'acier R qui entoure l'écrou D. Ce réservoir est rempli de glycérine et communique par un petit tube à un manomètre à liquide I'. En dessous du réservoir R se trouve un anneau F qui repose sur la roue dentée au moyen de billes ou de galets. L'anneau F porte un certain nombre de pistons plongeurs qui pénètrent dans le réservoir R. L'écrou D est, en travail, à l'appui sur les billes par la réaction de la vis A. Si le foret rencontre une résistance un peu supérieure, la réaction se fait sentir sur l'écrou D qui cède légèrement et, repoussant l'anneau F, communique la nouvelle pression au liquide du réservoir par le jeu des pistons.

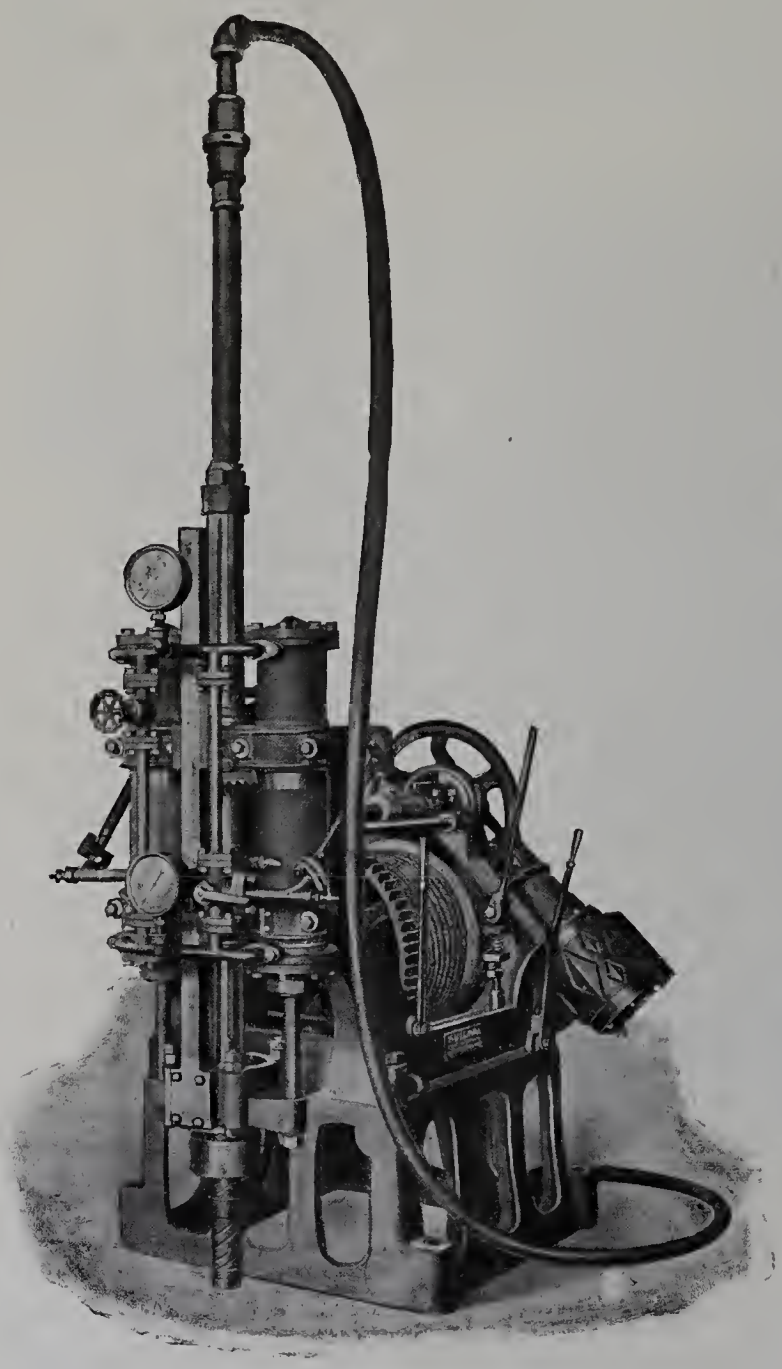


Fig. 69. — Perforatrice Bullock à avancement hydraulique.

Cette disposition d'indicateur peut rendre de très grands services dans certains forages.

Nous citerons un autre système d'avancement réalisé sur certains types de perforatrices Bullock. Dans ce système (fig. 69), l'action de l'écrou D est remplacée par une pression hydraulique. Dans ce cas la tête pivotante porte deux cylindres verticaux placés de chaque côté de l'axe fileté A. Ces cylindres portent des pistons dont les tiges actionnent une traverse métallique qui embrasse par un anneau la tête de l'axe A. L'eau sous pression agissant dans les cylindres sur les pistons, la traverse T agit en repoussant la tête de l'axe A et appuyant la tête du foret sur la roche avec une pression constante.

Ce système convient particulièrement à la traversée de bancs de terrains homogènes.

Nous ajouterons seulement quelques mots au sujet de la couronne porte-diamant (fig. 70). Celle-ci est en acier doux. Elle porte généralement 8 diamants noirs du Brésil (4 sur l'extérieur, 4 sur l'intérieur). Ces diamants sont sertis soigneusement dans des cavités forées dans la couronne; celle-ci porte deux entailles correspondant avec deux cannelures hélicoïdales extérieures, pour permettre l'expulsion des débris de la roche par l'eau amenée par le tube intérieur.

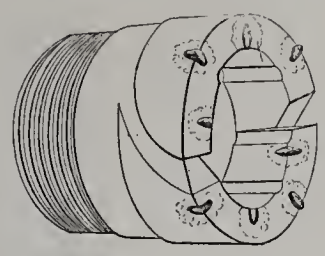


Fig. 70. — Tête porte-diamants de la perforatrice Bullock.

La maison Bullock indique quelques prix de revient que nous donnons sous toutes réserves.

Un forage de 12 trous donnant un total de 5,927 pieds est revenu à $ 2,49 le pied, soit 43 francs environ le mètre (on n'indique pas la nature du terrain, ni la machine employée). Un autre, dans les ardoises, schistes, quartz et porphyres, a donné, pour 5,046 pieds forés, le prix de $ 2,60, soit 45 francs environ le mètre.

Prix de quelques types :

Machine à bras : 100 mètres, diamètre 44^{mm}	1,840 francs.
Machine à vapeur : 750 mètres, diamètre 50^{mm} 80	18,600
Machine à vapeur : 1,960 mètres, diamètre variable	51,000

APPLICATION DES SONDAGES AU FONÇAGE DE PUITS PAR CONGÉLATION.

Fonçage de puits par congélation, système Poetsch, de la Société de Fonçage de puits, études et travaux de mines.

Le procédé de fonçage de puits par congélation a reçu des applications nombreuses dans ces dernières années; on connaît maintenant en grande partie tout ce qu'on peut en attendre et les conditions dans lesquelles il doit être employé. Il est intéressant de noter ici, comme contribution à l'étude de ce procédé, l'application faite par la Société de Fonçage dans des terrains différents de ceux dans lesquels il avait été mis en œuvre jusqu'alors. Nous voulons parler du fonçage d'Auboué, où l'on avait affaire à des calcaires durs et très fissurés dans lesquels circulait la nappe aquifère. On se trouvait donc en présence de difficultés particulières qui pouvaient rendre aléatoire l'emploi de la congélation.

Nous croyons donc intéressant d'exposer ici, aussi succinctement que possible, les travaux effectués et qui faisaient l'objet d'une partie de l'exposition de la Société de Fonçage.

Fonçage d'Auboué (Meurthe-et-Moselle), Société de Pont-à-Mousson. — Les terrains à traverser, comme nous l'avons dit, étaient constitués par des calcaires très résis-

IMPRIMERIE NATIONALE.

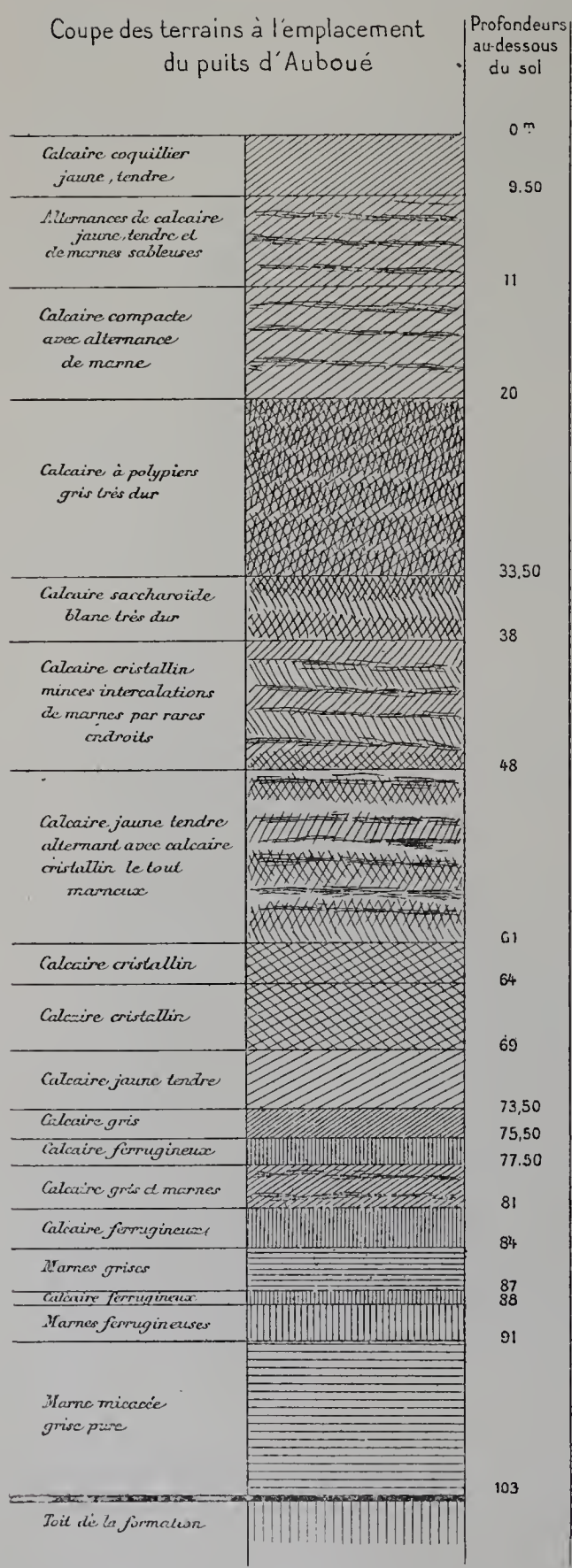


Fig. 71. — Coupe des terrains traversés par le puits d'Auboué.

tants (fig. 71), très durs et très fissurés; c'est par ces fissures que l'eau circule. Quant à l'importance des venues d'eau que l'on était exposé à rencontrer, il était impossible de la connaître, en raison précisément de l'irrégularité du terrain et de ses fissures. On décida d'employer la congélation et de la pousser jusqu'à la profondeur de 140 mètres. La coupe ci-jointe montre la nature des terrains. L'expérience des mines voisines ayant montré que la formation, quoique protégée des eaux supérieures par les marnes qui la surmontent, était elle-même aquifère, on fut dans la nécessité de congeler toute la hauteur du puits.

On creusa d'abord un avant-puits de 7 m. 50 de diamètre sur 9 mètres de profondeur, c'est-à-dire jusqu'à environ 1 mètre au-dessus du niveau de l'Orne. Le puits devait avoir 5 mètres de diamètre utile à l'intérieur de son cuvelage en fonte; les sondages au nombre de 20, placés à égale distance sur une circonférence de 6 m. 50 de diamètre, furent commencés le 23 novembre 1897. Dès le début, la marche des appareils fut rendue très lente et très irrégulière, non seulement à cause de la dureté de la roche, mais aussi à cause des fissures dans lesquelles pénétrait et se coinçait le trépan, et d'où on ne le retirait qu'avec difficulté. Dans le courant de janvier 1898, le forage du sondage n° 4 se faisant de plus en plus péniblement parce que le mouvement de rotation de la sonde devenait presque impossible à cause de la déviation, la Société de Fonçage chercha une méthode de mesure qui permît de se rendre compte du sens

et de l'amplitude de la déviation de ce sondage. (Nous parlons de cette méthode dans un autre paragraphe.) Cette méthode une fois trouvée, on l'appliqua de suite aux sondages déjà faits, et plus tard à tous les autres sondages, pendant leur exécution; nous verrons que les vérifications qui ont été faites pendant le fonçage du puits démontrèrent la parfaite exactitude de ses résultats.

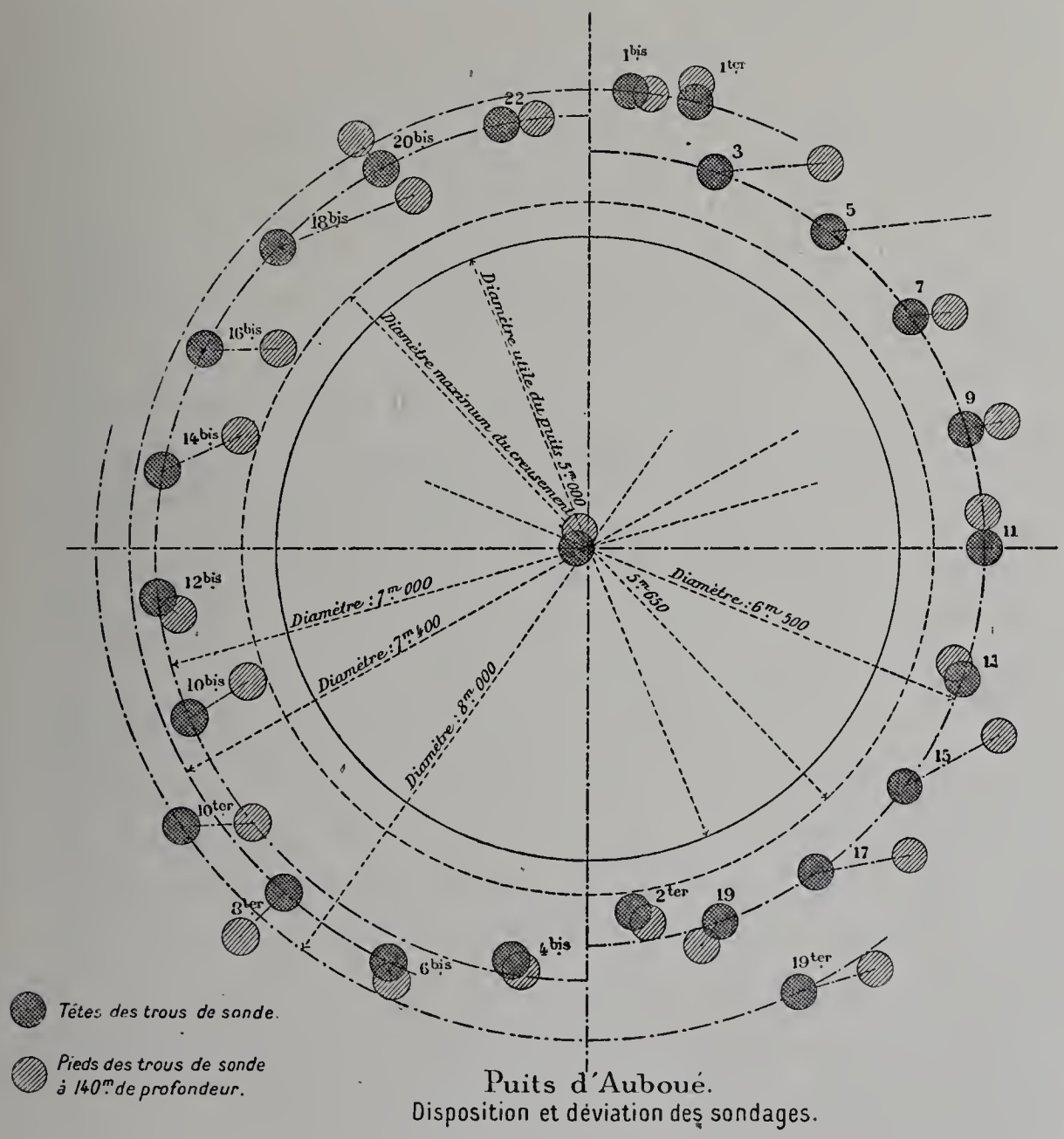


Fig. 72. — Fonçage par congélation du puits d'Auboué. Disposition et déviation des sondages.

Ces mesures révélèrent que, à part quelques exceptions, tous les sondages déviaient dans le même sens (fig. 72); il en serait résulté que, sur l'un des côtés, tous seraient venus à l'intérieur du puits. On décida alors de placer ces derniers sur un diamètre plus grand (7 mètres au lieu de 6 m. 50), et, pour ne pas les écarter davantage, on en fit un de plus.

Les mêmes mesures apprirent, en second lieu, que certains sondages allaient en s'écartant les uns des autres, en s'approfondissant, et que leur écartement devenait tel qu'il était prudent de placer entre eux un sondage supplémentaire. On fut ainsi conduit à faire 24 sondages au lieu de 20 qui avaient été prévus primitivement.

Enfin, la troisième conclusion tirée de ces mesures fut que la dureté des roches ne paraît pas sans influence sur la déviation des sondages. Les trous de sonde, en effet presque verticaux pendant les 20 premiers mètres, prenaient une forte inclinaison, environ 6 millimètres par mètre, en entrant dans les calcaires à polypiers; au delà de ces calcaires, l'inclinaison se réduisait, en moyenne, à 2 millim. 6. En rapprochant ce fait de ce que l'orientation commune des déviations est celle du pendage des couches, il est permis de penser que la déviation des trous de sonde provient du glissement du trépan sur les couches elles-mêmes, et que si, par des dimensions et dispositions judicieuses données à l'outil, on parvient à avoir une bonne verticalité jusqu'au-dessous des couches les plus dures, le reste du sondage se poursuivra dans des conditions satisfaisantes.

Le creusement des 24 sondages, à cause des difficultés auxquelles on se heurtait, ne fut achevé qu'en février 1899; à cette époque, la plupart des colonnes congélatrices étaient descendues; les dernières furent immédiatement mises en place; la tuyauterie fut achevée et raccordée avec les machines réfrigérantes, et la mise en circulation régulière de la solution saline eut lieu le 28 mars.

La production du froid s'est faite au moyen de deux machines Fixary pouvant produire chacune 1,000 kilogrammes de glace à l'heure, à 5 degrés au-dessous de zéro, ou de 100,000 à 120,000 frigories à l'heure, construites par la Compagnie française des Moteurs à gaz et des Constructions mécaniques. Elles étaient actionnées par deux moteurs horizontaux Weyher et Richemond, dont l'un devait servir dans la suite à commander un ventilateur, et l'autre une dynamo. Chaque compresseur avait une circulation d'ammoniaque distincte. Deux petites pompes Worthington, placées côte à côte, étaient montées, ainsi que les cuves réfrigérantes, sur les tuyauteries de chlorure; l'une de ces pompes servait de rechange, mais était tenue constamment prête à marcher, de manière à éviter tout arrêt dans la circulation.

La période de congélation proprement dite dura exactement cent jours, et le 5 juillet on attaquait le fonçage. Après avoir creusé quelques mètres à la main, à cause de la proximité des colonnes collectrices, on employa ensuite la poudre comprimée. Tout alla bien jusqu'à ce qu'on pénétrât dans les polypiers; mais, à ce moment, on ne tarda pas à voir apparaître un premier suintement de chlorure vis-à-vis de l'une des colonnes congélatrices. Une petite niche, faite de manière à dégager complètement la colonne à ce niveau, montra qu'un manchon de raccord de deux tubes était complètement sectionné, et que les bouts des deux tubes, qui étaient au contact lorsqu'on les avait mis en place, se trouvaient maintenant écartés de 10 à 12 millimètres. On y posa un collier en plomb et on rétablit la circulation.

Cet accident se répéta dans la suite; sur les 24 colonnes, les trois quarts au moins

eurent à subir une réparation de ce genre, quelques-unes à deux ou trois reprises. Ces accidents furent attribués tour à tour à une réfrigération trop active, à l'influence des coups de mine et à la nature des terrains. La véritable raison semble toutefois résider dans une diminution de résistance des tubes supérieurs qui étaient anciens, avaient servi plusieurs fois et avaient subi de ce fait des changements considérables de température successifs (+ 20 degrés à — 20 degrés) qui avaient probablement changé la texture du métal et le plaçaient dans de mauvaises conditions pour résister aux efforts qui s'exercent sur ces tubes lorsque leur contraction est gênée.

Quoi qu'il en soit, le travail ayant continué ainsi, il arriva que, lorsque la première retraite du cuvelage fut posée, il devint impossible de faire la réparation comme précédemment, la rupture se trouvant derrière le cuvelage; on descendit alors des colonnes de secours.

Au cours de l'approfondissement, on rencontra plusieurs sondages abandonnés à cause de leur déviation qui les amenait jusque dans l'intérieur de la partie creusée, et ils furent trouvés, à peu de chose près, à la profondeur à laquelle on devait les rencontrer d'après les chiffres fournis par la Société de Fonçage.

Nous avons dit pourquoi on avait dû poursuivre la congélation au delà des couches exploitables. Les terrains marneux de 15 mètres de puissance qui surmontent le toit de la formation ferrugineuse paraissent séparer deux niveaux distincts, entre lesquels les sondages forés pour la congélation établissent une communication. L'arrachage des tubes, après l'achèvement du puits, étant toujours très difficile, il était à craindre que le cimentage des trous de sonde par les moyens ordinaires ne parvînt pas à obturer complètement ces trous dans le passage des marnes, et on risquait de voir ainsi les travaux d'exploitation envahis par les eaux de la nappe supérieure.

Pour y remédier, la Société de Pont-à-Mousson proposa de mettre à nu tous les tubes de congélation, et de les bloquer sur une hauteur de 1 m. 50 à 2 mètres dans une maçonnerie de briques et de ciment aussi étanche que possible. La Société de fonçage lui fit remarquer que, pour mettre à nu les tubes de congélation, il y avait à enlever à certains endroits une grande épaisseur de terrain congelé, plusieurs sondages ayant été notablement déviés, et qu'il en résulterait un amincissement du mur de glace qui pouvait, le cas échéant, être dangereux pour le travail; elle était d'avis, après le dégel du terrain par la vapeur, de pratiquer des entailles dans les colonnes de tubes et de percer les culots, de manière qu'en y versant un ciment très liquide, celui-ci puisse se répandre à l'extérieur, entre les colonnes et le terrain. La Société de Pont-à-Mousson ne crut pas cependant devoir se rendre à ces observations et, persistant dans son idée, elle exécuta un anneau de maçonnerie à la base des marnes.

Bien que l'un des sondages (n° 5) eût à cette profondeur une déviation d'environ 3 mètres, et qu'on eût pratiqué dans le mur de glace une sorte de galerie de 3 m. 50 de profondeur pour aller le retrouver, l'opération fut faite avec succès. Le chambrage montra que chaque tube était entouré de glace sur 5 à 6 millimètres seulement d'épaisseur, le reste de l'espace vide ayant été rempli par des éboulis marneux, avant la congé-

lation du terrain. En conséquence, il était permis de supposer que, par la suite, les tubes se trouveraient très probablement bloqués dans les marnes, ces dernières formant dès lors un massif protecteur de 13 à 14 mètres de hauteur, sans doute plus efficace que la maçonnerie. En dehors du but poursuivi, cette opération fut intéressante en ce sens qu'elle montra la position des sondages à la profondeur de 103 mètres; or tous, sauf le numéro 5, furent rencontrés à la place exacte qui leur avait été assignée par les mesures.

Quant au numéro 5, il y avait toujours eu incertitude sur l'importance de sa déviation, par suite d'anomalies notées au cours des mesures; nous avons dit plus haut que cette déviation était de 3 mètres à la profondeur de 103 mètres.

Cette double constatation montre bien la nécessité de mesurer la déviation des sondages avant d'y descendre les tubes congélateurs, et l'exactitude rigoureuse de la méthode de la Société de Fonçage.

Le blocage de maçonnerie exécuté sur le toit de la formation avait pour but de garantir la couche jaune, dont l'exploitation est réservée pour plus tard, comme nous l'avons dit.

En arrivant au toit de la couche grise qui devait être exploitée la première, la Société de Pont-à-Mousson fit une seconde fois ce travail. Les trousses de base du cuvelage furent posées (profondeur 121 m. 50) ainsi que le premier anneau de la dernière retraite pour l'achèvement de laquelle il ne restait plus que trois anneaux à descendre. On entama la paroi de glace le 21 février 1900. Toute la maçonnerie fut posée sans incident, sauf à l'endroit du sondage n° 5 où l'on ouvrit une galerie pour rechercher ce sondage; on était à 4 mètres de la paroi du puits sans l'avoir encore rencontré, lorsque, le 1er mars, une venue d'eau de 200 litres à la minute se déclara du côté opposé, à travers la maçonnerie déjà exécutée. On cessa aussitôt le percement de la galerie pour descendre les segments du cuvelage; on plaça un anneau tout en épuisant à la benne, mais la maçonnerie étant plus haute que l'anneau, la venue d'eau se poursuivait au-dessus de l'anneau et on n'eut pas le temps d'en poser un second.

La Société de fonçage fit immédiatement remplir le puits; mais, quatre jours après l'apparition de la venue d'eau, un second accident se produisit : deux colonnes congélatrices s'ouvrirent, et les cuves à chlorure se vidèrent en quelques instants; la congélation étant arrêtée de ce fait, tous les robinets et tous les tubes intérieurs de circulation du liquide incongelable furent démontés, visités, nettoyés et remis en place; deux colonnes de secours furent descendues dans les deux sondages avariés, nos 7 et 17, et la circulation de liquide réfrigérant fut rétablie progressivement à partir du 15 mars. La congélation s'est dès lors poursuivie d'une manière satisfaisante. Dans les premiers jours d'avril, on fit quelques prises d'eau dans le puits; elles montrèrent que la cassure était bouchée; on épuisa, et le 11 avril le puits était de nouveau complètement à sec.

Il est donc bien établi que le procédé Poetsch est parfaitement applicable aux terrains du bassin de Briey; l'expérience faite à Auboué a pleinement réussi. L'exposé précédent montre en somme que le procédé de congélation peut être appliqué aux fonçages à

grande profondeur. La difficulté résultant de la déviation des trous de sondage est résolue par la méthode de mesure qui permet de se rendre compte de ces déviations et de porter remède aux inconvénients qui en résultent.

La Société de Fonçage était, au moment de l'Exposition, occupée aux travaux préparatoires relatifs à un autre fonçage qu'il eût été intéressant de citer également ici. Il s'agit de l'application de ce procédé de congélation à Ronnenberg (Hanovre) dans des terrains surmontant un gisement de sels de potasse. Ces terrains présentent des difficultés particulières; ils sont fissurés d'une part, et d'autre part les eaux qu'ils renferment sont salines; une teneur en sel de 3 p. 100 a été constatée à 32 mètres et il est probable que cette teneur va en augmentant avec la profondeur. Toutefois, la Société pense que le procédé est applicable en augmentant le pouvoir frigorifique des appareils en raison des eaux salines que l'on rencontre.

L'expérience montrera si l'application du procédé est possible dans ce cas.

Méthode de mesure des déviations de sondages de la Société de Fonçage des puits, études et travaux de mine.

La Société de Fonçage des puits a appliqué à ses travaux une méthode de mesure qui permet de se rendre compte à tout instant d'une façon précise de la déviation des sondages effectués. Cette méthode est susceptible, dans beaucoup de cas, de rendre de grands services, en particulier dans les travaux de sondages préparatoires du procédé de fonçage de puits par congélation.

Le principe de la méthode est le suivant :

Représentons en perspective l'orifice circulaire d'un sondage (fig. 73), soit C son centre; la position du point C sera déterminée par ses coordonnées par rapport à deux axes rectangulaires OX, OY tracés dans un plan horizontal.

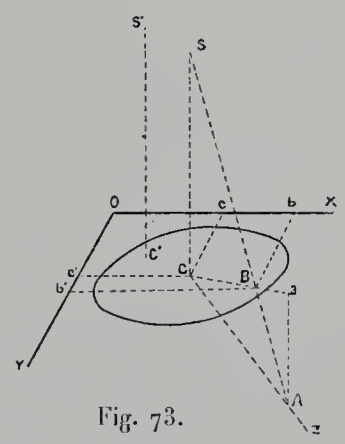


Fig. 73.

Soit CZ l'axe du sondage. Le problème revient à déterminer la position d'un point quelconque A de cet axe, étant donnée la profondeur à laquelle il se trouve. Abaissons du point A une perpendiculaire Aa sur le plan XOY; il faut fixer la direction et la longueur de la ligne Ca. Pour cela, élevons de C une perpendiculaire sur le plan XOY, et choisissons un point arbitraire S sur cette ligne; joignons le point S au point A, cette droite coupe en B le plan XOY et la droite Ca.

Dans les triangles semblables SCB et AaB, on a :

$$\frac{CB}{aB} = \frac{SB}{AB}$$

d'où :

$$\frac{CB}{CB + aB} = \frac{SB}{SB + AB}$$

ou

$$\frac{CB}{Ca} = \frac{SB}{SA} \quad [1]$$

Pratiquement, on tend un fil entre le point S et le point A, et on mesure les coordonnées du point B par rapport aux axes OX, OY.

Connaissant celles de C par rapport aux mêmes axes, on en déduit :

$$CB = \sqrt{(Ob - Oc)^2 + (Ob' - Oc')^2}$$

La relation [1] donne donc Ca en fonction de longueurs mesurées à la surface et de la longueur du fil SA.

En outre, les mesures :

$$cb = Ob - Oc$$
$$c'b' = Ob' - Oc'$$

permettent de déterminer l'orientation de la ligne Ca par rapport à OX et OY.

Le point A est constitué par une sorte de panier en bois lesté avec du plomb; ce panier est cylindrique et son diamètre extérieur est légèrement inférieur à celui du sondage.

Le fil de suspension en acier passe dans une échancrure pratiquée dans un fer plat qui se fixe sur les bois de la charpente du chevalet de sondage; cette échancrure forme le point S du croquis ci-dessus.

Au delà de l'échancrure, le fil s'enroule sur une sorte de petit treuil à main.

Les deux axes OX, OY sont tracés suivant des directions connues (par exemple nord-sud et est-ouest) sur une table en bois que l'on place à l'orifice du sondage.

On voit que cette méthode (fig. 74), répétée à des profondeurs différentes, permet de connaître les déviations successives subies par le sondage, à la condition toutefois que la ligne SA reste bien rectiligne, c'est-à-dire que le fil ne vienne pas rencontrer un obstacle, la paroi du tube par exemple. Lorsque cette circonstance se produit, plusieurs cas peuvent se présenter. Il peut se faire que, par suite de la forme du sondage, le fil, après avoir touché la paroi, redevienne libre lorsque le point A s'abaisse davantage, la longueur CB passe alors par un maximum ou par un minimum qui correspond au contact du fil; mais les résultats obtenus pour Ca sont exacts, si CB reste dans la suite inférieur à ce maximum ou supérieur à ce minimum, sans jamais l'égaler.

Il peut se faire, au contraire, que le fil reste appuyé sur la paroi; CB devient alors constant; les résultats qu'on en déduit sont évidemment erronés, ils donnent la position du point A'_2 et non celle du point A_2. Mais il faut remarquer que, de ce que CB reste constant, on ne peut pas en conclure, à coup sûr, que le fil touche la paroi; car il est possible que le sondage devienne rectiligne et que le fil de suspension soit justement dans son axe.

Bien que cette dernière coïncidence ne soit qu'exceptionnelle, il y a lieu de s'assurer au moyen d'une épure que le fil ne touche pas la paroi du sondage. Pour cela, au fur et à mesure qu'on obtient les différentes valeurs Ca_1, Ca_2. . . . Ca_n de Ca, en grandeur et en direction, on les réunit sur un même dessin; et, de chacun des points a, a_2 . . . a_n comme centre, on décrit une circonférence qui représente la section du sondage en ce point. Si le fil SA_n est rectiligne, c'est-à-dire ne touche pas la paroi, il se projette évidemment sur le plan horizontal suivant la droite Ca_n; dès lors, en faisant une coupe du sondage par le plan vertical passant par Ca'_n et en traçant la ligne SA_n, cette ligne ne doit pas toucher la paroi.

On peut remarquer qu'en portant sur Ca_n des longueurs proportionnelles aux segments SA_1, SA_2,... SA_n, les points obtenus doivent se trouver à l'intérieur du cercle représentant la section du sondage au niveau correspondant.

S'il y a contact, on déplace le point de suspension S, ou en cherche par tâtonnements un autre S′ pour lequel il n'y ait pas contact. Ce point S′ se projette en C′ sur le plan XOY; le point C′ remplace le point C; en reportant sur une feuille de papier les segments C′C, $C'a_1$, $C'a_2$, . . . $C'a_n$, on peut tracer les lignes Ca_1, a_2 . . . . a_n et faire l'épure comme il a été dit plus haut.

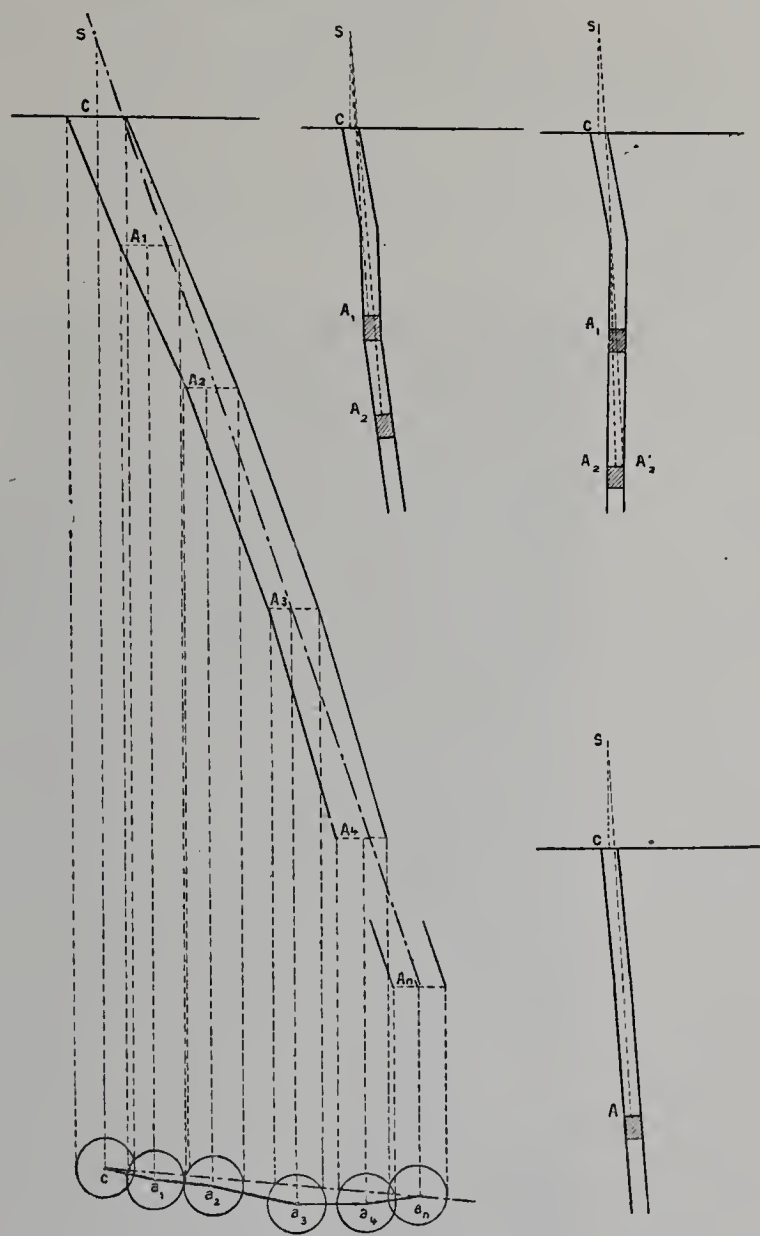


Fig. 74. — Méthode de mesure des déviations de sondages. Épures.

Ce procédé a été employé plusieurs fois déjà et a donné les résultats pratiques qu'on en attendait.

Nous avons montré précédemment les vérifications qu'on a faites de ce procédé dans le fonçage par congélation du puits d'Auboué (Pont-à-Mousson).

III. TRAVAIL DES ROCHES.

Excavateurs américains « Sergeant ».

1° *Excavateurs Sergeant sur rail* (*Track Channeler*). — Cet excavateur (fig. 75) se compose essentiellement d'une chaudière et d'une perforatrice formant un groupe complet et monté sur un truck à roues, pouvant se déplacer sur une voie ferrée étroite. Ces machines, très pratiques et très robustes, sont destinées aux travaux de carrières ou de creusement de canaux ou de tranchées de chemin de fer.

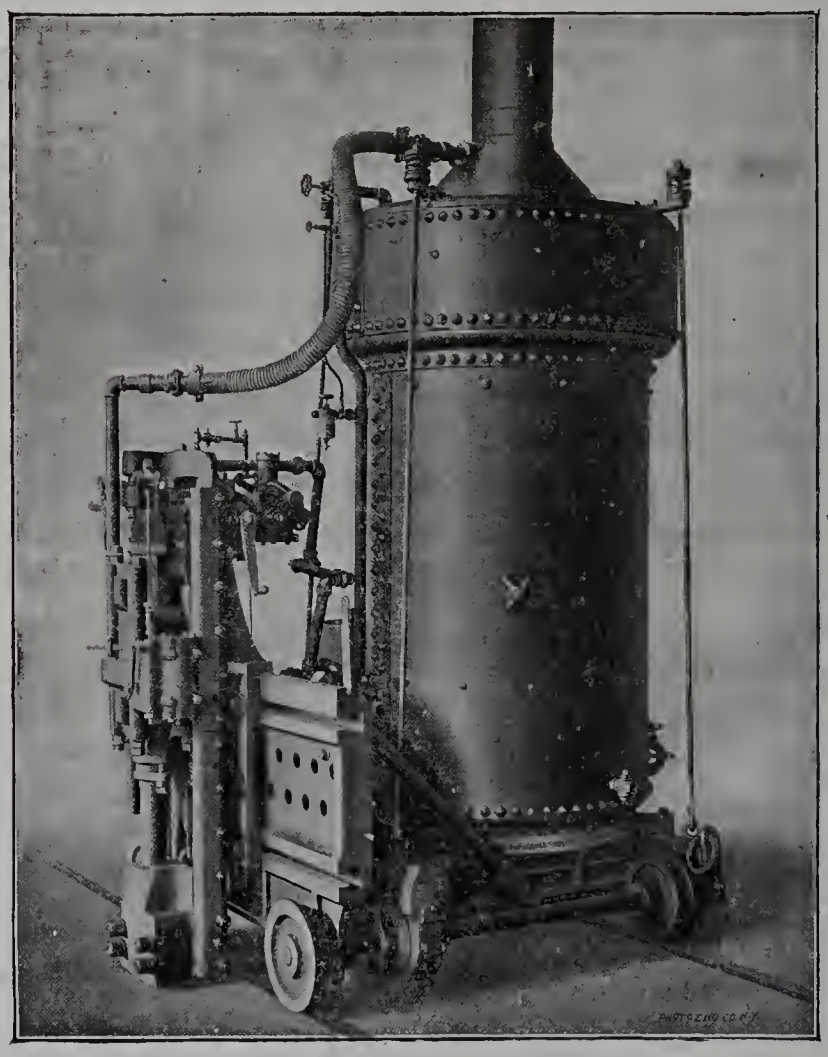


Fig. 75. — Excavateur Sergeant sur rail.

La chaudière montée sur le truck est en tôle d'acier. Elle est construite pour donner couramment de la vapeur à 4 kilogr. 300. Elle est du type vertical à tubes immergés.

Sur un côté du truck, parallèlement aux roues, se trouve un solide bâti vertical à deux glissières dans lesquelles joue le support de la perforatrice que l'on peut ainsi déplacer, dans un plan vertical, sans changer la chaudière de place.

La perforatrice est construite d'une façon très solide. La tige du piston se prolonge vers la tête arrière du cylindre qu'elle traverse et elle actionne la soupape de distribution au moyen d'une tige auxiliaire.

La tête de la tige du piston porte une armature dans laquelle on peut fixer une série de fleurets. Les coups sont amortis par la vapeur d'échappement.

Les divers mouvements de l'excavateur sont obtenus par deux moteurs auxiliaires.

L'un permet de déplacer le truck le long de la voie, l'autre sert à élever ou baisser le cylindre en faisant avancer la mèche à mesure de l'approfondissement de l'entaille. Cette entaille peut aller jusqu'à des profondeurs atteignant 3 mètres.

Deux hommes suffisent ordinairement pour la manœuvre. La consommation de charbon s'élève à 135 et 225 kilogrammes par jour, suivant les combustibles et la nature des roches entaillées. Les frais varient de 15 à 35 francs par jour, suivant les conditions locales. On peut arriver à faire des entailles de 43 mètres carrés par journée de dix heures.

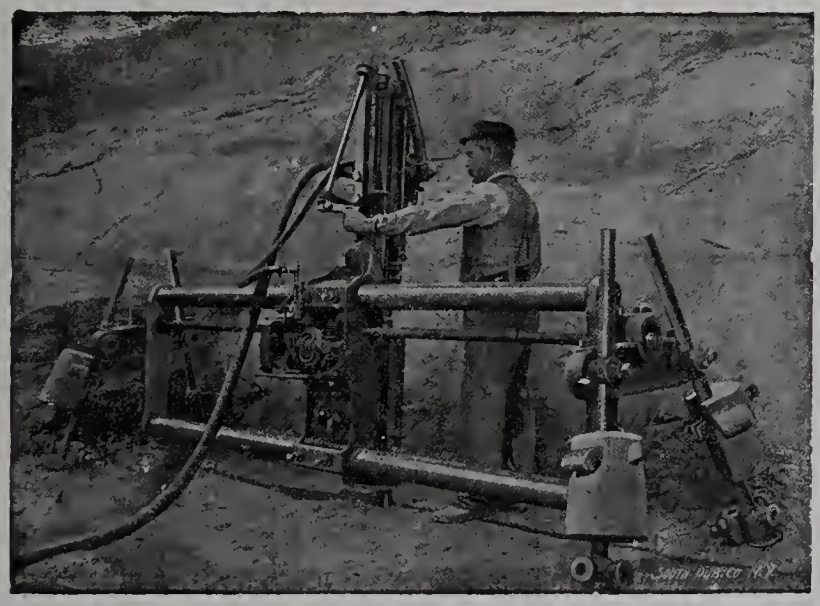


Fig. 76. — Excavateur automatique à barre, système Sergeant.

L'ouvrage produit serait le suivant :

Dans le grès, 16 mètres carrés à 3 fr. 85 le mètre carré par journée de dix heures.

Dans le calcaire oolithique, 23 mètres carrés à 2 fr. 75 le mètre carré par journée de dix heures.

Le poids de l'excavateur complet est de 4 tonnes 330, la voie est de 1 m. 48.

2° *Excavateur automatique à barre.* — Cet excavateur (fig. 76) est destiné aux petites carrières dont l'importance ne justifie pas l'installation de l'excavateur à chaudière. Il se compose essentiellement d'un solide bâti portant une perforatrice puissante, bâti qui se déplace le long de deux barres parallèles portées par quatre pieds mobiles.

Un système d'engrenages permet le déplacement du bâti sur les barres. Ce déplacement peut atteindre 2 m. 45 de longueur.

Dans les roches de dureté moyenne on arrive à entailler 6 mètres carrés par jour.

C'est la moyenne obtenue dans les ardoisières. La profondeur moyenne obtenue est de 1 m. 20 à 2 m. 15. Toutefois, on pourrait aller dans certains cas jusqu'à 3 m. 70.

La manœuvre et le déplacement demandent un homme et un aide qui peut être un enfant.

Scie diamantée de M. Fromholt.

Nous regrettons de ne pouvoir étudier le matériel de M. Fromholt, relatif au forage au diamant. Aucun appareil de ce genre ne figurait à l'Exposition. Des couronnes porte-diamants et des carottes témoins provenant de sondages au diamant étaient seules exposées. M. Fromholt a cependant réalisé dans ces appareils de forage des dispositions intéressantes que nous aurions été heureux de pouvoir comparer aux machines américaines et russes. Nous citerons en particulier une perforatrice portative, mue par l'électricité, destinée au forage rapide au diamant dans les galeries de mines.

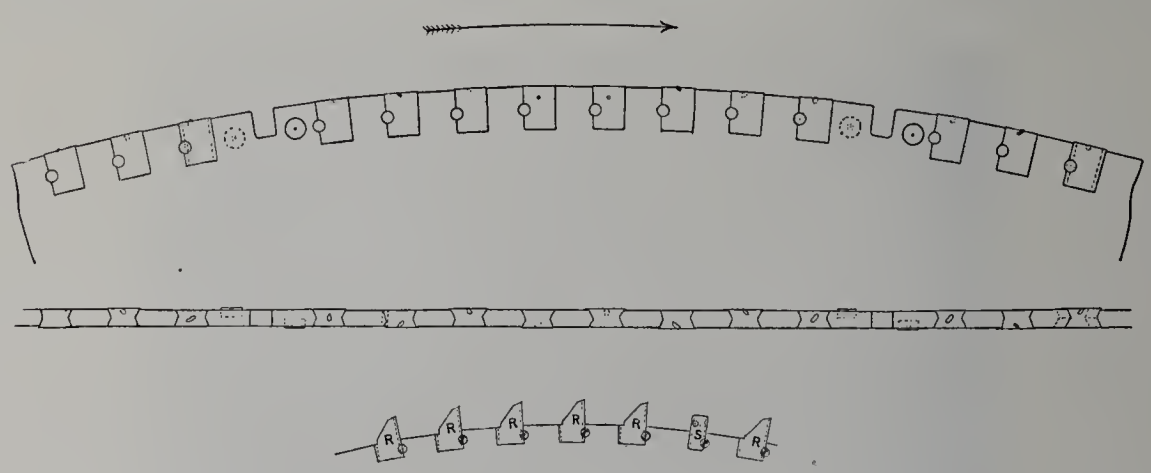


Fig. 77. — Scie diamantée de M. Fromholt. — Détails de la lame.

Nous nous bornerons donc à étudier la scie diamantée qui a été utilisée dans les travaux de l'Exposition pour le sciage des blocs destinés à la construction du Grand Palais des beaux-arts.

Nous empruntons les renseignements qui vont suivre à l'étude qui a été faite de cette machine dans le *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.*

Cette scie est montée pour scier les roches demi-dures d'Euville ou les roches tendres de la vallée de l'Oise, qui ont servi aux maçonneries du Grand Palais. Il suffit, pour opérer l'un ou l'autre de ces travaux, de changer la scie circulaire et la vitesse de rotation de la machine.

On connaît le mode de sertissage à chaud des diamants dans de petits blocs d'acier employé par M. Fromholt, sur lequel, d'ailleurs, on trouvera tous les renseignements possibles dans le *Bulletin de la Société d'encouragement* du mois d'août 1894. Nous n'insisterons donc pas à ce sujet.

La lame de scie circulaire diamantée, employée pour les pierres dures, a 2 m. 20 de diamètre; elle porte 200 diamants disposés à raison de 40 de champ, 80 sur les arêtes et 80 sur les faces (fig. 77).

Le diamant travaillant par érosion, la scie est animée d'une grande vitesse pour augmenter le nombre des contacts des diamants usant la surface. La surface tangentielle est de 35 mètres par seconde.

La lame de scie à dents employée pour les roches tendres a le même diamètre que la précédente. Elle est composée de dents en acier montées sur la lame dans des encoches comme les porte-diamants des lames diamantées et maintenues par des vis prenant la lame et la dent. De cinq en cinq dents, une dent est remplacée par une pièce d'acier fixée de la même façon sur la lame et un peu plus courte que les dents. Cette pièce porte sur les flancs un diamant de chaque côté. Ces diamants sont sertis dans des tiges filetées et soudées et servent à maintenir la voie de la lame, malgré l'usure que pourraient prendre les dents. Cette lame, armée de dents, travaille par passes dans la pierre tendre, enlève des parcelles d'une certaine grosseur et travaille lentement. La vitesse circonférentielle ne doit pas dépasser 1 m. 40 par seconde.

La machine se compose de deux parties (fig. 78). La première comprend l'appareil de sciage avec ses transmissions et changements de vitesse; la seconde comprend le châssis présentant la pierre à l'outil.

L'appareil de sciage est formé d'un bâti horizontal A en fonte, reposant en porte-à-faux sur un massif en maçonnerie. La lame montée sur le bâti est ainsi en saillie de 1 m. 10. L'arbre B de la lame porte la poulie D, qui est actionnée, pour la marche rapide, par le volant E, qui reçoit le mouvement d'une machine à vapeur. A côté de la poulie motrice D est montée la poulie folle C, sur laquelle on fait passer la courroie, au cas où l'on veut arrêter la scie.

Pour le mouvement lent, la poulie montée sur l'arbre de la scie est mue par l'intermédiaire d'un train d'engrenages qui ralentissent la marche de la machine.

Pour assurer la rigidité de la lame, celle-ci est guidée en trois points *a, b, c,* au moyen de vis garnies de bois. Les douilles de ces vis sont calées sur trois arbres *e, f, g,* montés dans des supports *h, k, l,* fixés sur le bâti.

Le bloc à scier est monté sur des wagonnets G roulant sur les voies du chantier et venant sur le chariot H de la machine. Ce dernier roule au moyen de galets sur trois rails K, L, M, dont celui de milieu L est profilé en V pour le guidage. Ce chariot porte une crémaillère commandée par des vis sans fin montées sur un arbre N.

Cet arbre est commandé pour l'avancement pendant le travail par le tambour *m,* les poulies *n,* les cônes *p,* la roue à vis sans fin *q*, montée sur une douille *r* à débrayage.

Pour la marche rapide, lors de la mise au point ou pendant le recul, l'arbre N est commandé par le tambour *m,* les poulies *n,* le pignon *t* et l'une ou l'autre des roues *u* et *v,* montées sur la douille *r*. La vis P, munie d'un volant, commande la courroie des cônes *p* et permet de faire varier l'avancement.

Dans la marche rapide pour la pierre dure, la lame tourne à 300 tours à la minute et son avancement moyen dans la roche d'Euville est de 0 m. 30 par minute.

Dans la marche lente pour la pierre tendre, la lame tourne à 12 tours à la minute et son avancement moyen dans la pierre de la vallée de l'Oise atteint 1 mètre à la minute.

Cette machine a donné toute satisfaction pendant les travaux de l'Exposition. Il est à signaler qu'elle dresse également les parements des pierres et donne des arêtes vives; elle permet donc d'appareiller les pierres aux dimensions à peu près voulues. Les pierres peuvent être mises en place de suite et n'ont plus qu'à subir le travail de ravalement.

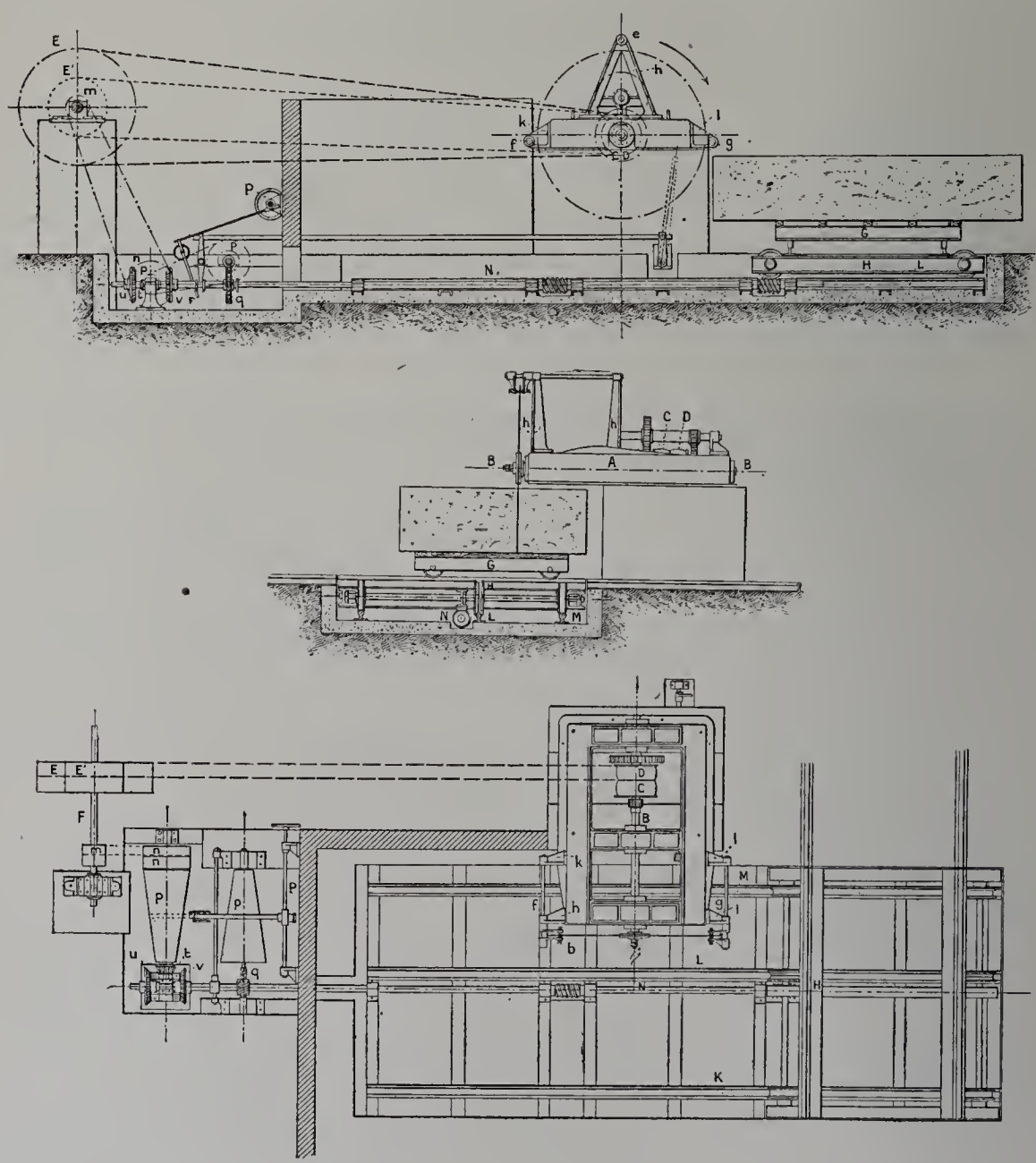


Fig. 78. — Plan et coupes de l'installation de la scie diamantée de M. Fromholt.

Pour faire les parements, on réduit l'avancement de la pierre à 0 m. 25, au lieu de 0 m. 30 ou 0 m. 35, de façon à éviter toute déviation de la lame.

En dix heures on peut arriver à scier 40 mètres carrés de trait, ce qui pourrait être encore augmenté si on pouvait éviter le temps perdu de l'amenée des pierres à la machine.

Le prix de revient du travail est très économique. On a donné le prix de 1 fr. 25 le mètre carré de trait à la machine pour la pierre d'Euville; le même travail, effectué à

la main, est payé 10 francs le mètre carré de trait et 3 francs le mètre carré d'appareillage.

La machine absorbe 10 à 12 HP.

En somme, quoique les renseignements nous manquent sur le travail de la même machine dans les pierres tendres, il n'en est pas moins certain qu'elle est à même de rendre de très grands services dans les travaux de débitage des gros blocs; son seul inconvénient consiste dans les frais d'installation et surtout dans le prix élevé des lames de scies. Nous n'avons d'ailleurs pas de données précises sur la durée de service des diamants des lames et sur l'importance de l'amortissement dont est grevé de ce fait le travail de la machine.

Taille des roches par le fil hélicoïdal.

On connaît déjà, depuis un certain temps, l'utilisation d'un fil hélicoïdal d'acier dur pour la taille du marbre, en Italie. Toutefois, en raison des moyens primitifs dont on disposait jusqu'alors, ce procédé n'avait reçu que des applications fort restreintes.

On sait que cette méthode consiste à user la roche au moyen d'un câble composé de trois ou quatre fils d'acier dur, tordus ensemble en spirale. Ce fil est appliqué contre la roche au moyen de deux poulies de renvoi. Il était donc nécessaire de préparer les logements pour l'avancement de ces poulies, au moyen de puits forés dans la roche et qui atteignaient souvent 1 m. 20 de largeur, les poulies ayant un diamètre d'au moins 0 m. 60 à 0 m. 70. On ne pouvait donc, en raison de la disposition des bancs de marbre exploités, de l'élévation des fronts de taille et d'autres motifs, employer ce procédé que dans certains cas très particuliers, malgré ses avantages incontestables. On l'utilisait surtout pour débiter les blocs déjà abattus.

Ce ne fut que très récemment que des perfectionnements furent apportés par un ingénieur adjoint au Corps des Mines d'Italie, M. Monticolo, et permirent de rendre le procédé réellement pratique. La première application en fut faite en 1898, à Carare.

M. Pellati, inspecteur général des Mines d'Italie, a fait au Congrès international des mines et de la métallurgie une communication très intéressante à ce sujet, que nous tenons à résumer succinctement en raison de l'importance qui s'attache à ce procédé, dont les applications deviendront certainement de plus en plus nombreuses. Le Comité des ventes des ardoises de Labassère (Hautes-Pyrénées) exposait des dessins relatifs à une application du fil hélicoïdal dans ses ardoisières, et plusieurs carrières belges, espagnoles et hongroises se disposent à l'adopter.

Nous avons dit qu'un des principaux inconvénients du dispositif primitivement réalisé consistait en l'obligation de forer des puits à grand diamètre pour loger les poulies. Pour remédier à cet inconvénient, M. Monticolo créa la *poulie pénétrante,* qui permet de substituer au large puits un simple trou de mine ordinaire; la poulie pénètre dans la roche en même temps que le fil hélicoïdal qu'elle supporte et qui la guide. Elle suit

C. F. E.

l'entaille pratiquée par ce dernier, et l'élargit légèrement; son pivot, la fourche et la tige qui la supportent suivent pendant ce temps le trou de mine.

La *poulie pénétrante* Monticolo consiste en un disque de 0 m. 50 de diamètre et de 8 millimètres d'épaisseur. Elle porte sur sa périphérie une gorge à section circulaire dans laquelle le fil hélicoïdal entre pour la moitié de son épaisseur, le reste faisant saillie.

La partie centrale du disque est légèrement renflée; elle porte sur chaque face un axe d'acier de 25 millimètres de longueur; ces axes entrent dans deux paliers portés par une fourche d'acier à tige cylindrique de 64 millimètres de diamètre. Cette tige peut s'allonger au moyen de tubes de même diamètre, qu'on assemble les uns au bout des autres. La tige de fourche est traversée par un conduit servant au graissage des pivots.

Cet appareil est supporté par un affût à trois pieds à vis, qui permet de le disposer sur la roche dans toutes les positions. L'affût porte une poulie extérieure sur laquelle passe le fil avant de se rendre à la poulie pénétrante. La poulie extérieure commande par engrenages à vis la colonne de la fourche et lui imprime un mouvement d'avancement automatique, que l'on peut régler d'avance suivant la dureté de la roche à tailler.

On fore préalablement deux trous de mine de 0 m. 07 de diamètre, et on dispose devant eux les poulies pénétrantes sur leur affût. Une fois le fil placé, la taille commence en appliquant les poulies contre la roche et en mettant le fil en mouvement. Les tuyaux amènent constamment de l'eau et du sable siliceux sur la poulie et le fil, qui entame la roche en pratiquant une rainure, dans laquelle pénètre la poulie dont l'épaisseur est moindre que le diamètre du fil. La fourche et sa tige pénètrent ensuite dans le trou de mine dont elles suivent l'axe pendant le travail.

La poulie suffit à élargir elle-même la rainure, si c'est nécessaire, à l'aide du sable et de l'eau. Cette action de la poulie sur la roche pourrait entraîner une usure de la gorge qui amènerait une diminution de la surface d'appui du fil, et pourrait à la longue provoquer des échappements dangereux du fil. Pour parer à cet inconvénient, la gorge de la poulie a été munie d'une rainure étroite et profonde (1 millim. 5 de largeur sur 15 millimètres de profondeur). Le fil ne porte donc de cette façon que sur les bords de la gorge et l'usure se produit suffisamment vite pour qu'elle soit égale à celle qui se produit sur les bords de la poulie par l'action de la roche La gorge conserve donc la même forme et la même profondeur; le diamètre seul de la poulie diminue. Il était aussi indispensable d'éviter l'introduction du sable, de la poussière de roche et de l'eau dans les pivots, qui se seraient détériorés à bref délai. Dans ce but, les coussinets de soutien des pivots sont clos de toutes parts, sauf du côté où s'introduisent ces derniers. Le long de la surface annulaire du contact du coussinet et du pivot est pratiquée extérieurement une rainure dans laquelle on place un morceau de chiffon tordu. Un anneau de caoutchouc couvre et serre le tout. L'huile seule pénètre dans les coussinets au moyen d'une fente étroite qui communique avec le petit tuyau d'amenée placé à l'intérieur de la fourche.

Cet appareil a été appliqué, dès son apparition, dans les carrières Campanile de Carare, où il a permis d'opérer des tailles de 8 à 9 mètres de profondeur sur 15 mètres de long, sur toutes les inclinaisons exigées par les couches en exploitation.

Aux Ardoisières de Labassières on est parvenu à faire le havage de chambres entières d'un seul trait; ces entailles ont 52 mètres de longueur sur une profondeur de 12 mètres. Le directeur de ces ardoisières a indiqué un prix de revient de 2 francs le mètre carré d'entailles.

Ce procédé mérite d'attirer l'attention, car il est susceptible d'applications nombreuses, non seulement dans les carrières et ardoisières, mais encore dans les exploitations minières.

IMPRIMERIE NATIONALE.

CHAPITRE II.

EXPLOSIFS ET APPAREILS DE MISE DE FEU.

On sait que la réglementation fondamentale des explosifs dans l'exploitation des mines date de 1888, année où, à la suite des travaux remarquables de la Commission spéciale instituée en 1877, sous la présidence de M. Haton de la Goupillière, inspecteur général des mines (travaux auxquels MM. Mallard et Le Chatelier prirent une part considérable), une circulaire ministérielle du 19 novembre fit un résumé de l'état des connaissances acquises sur les explosifs en usage et en tira des conséquences pratiques. Elle indiquait les mélanges d'azotate d'ammoniaque et de dynamite, ou de dérivés nitrés, donnant une sécurité sinon absolue, du moins beaucoup plus satisfaisante que la dynamite. Elle signalait en même temps les dangers de l'emploi des mèches de sûreté.

La circulaire de 1890 éclaircit d'une façon plus complète encore cette question. Elle spécifia les conditions à remplir par un explosif pour pouvoir être employé dans les mines grisouteuses :

1° Les gaz provenant de l'explosion ne doivent pas contenir d'éléments combustibles (hydrogène, oxyde de carbone, carbone, etc.);

2° La température de détonation ne doit pas dépasser 1,500 degrés dans les travaux en couche et 1,900 degrés dans les travaux en roche.

Les explosifs de sûreté devenaient obligatoires, tant dans les mines grisouteuses que dans les mines poussiéreuses.

Les travaux des commissions étrangères n'ont fait que confirmer les résultats si importants des travaux dont le grand honneur doit remonter, pour la plus grande partie, à MM. Mallard et Le Chatelier. Il nous est impossible d'entrer dans plus de détails à ce sujet, à notre grand regret; les communications intéressantes faites au Congrès des Mines et de la Métallurgie ont donné à ce sujet tous les renseignements désirables; nous citerons en particulier les travaux de M. l'inspecteur général des mines Delafond, et ceux de MM. Watteyne et Denoël (Belgique), qui résument bien clairement l'état actuel de l'usage des explosifs dans les mines.

La conséquence de la mise en application des mesures spécifiées par les circulaires précédentes, ou tout au moins des principes qui les ont inspirées, a été de réduire dans une proportion remarquable le nombre des accidents de grisou imputables aux explosifs.

En France, de 1892 à 1899, sur 58 accidents de ce genre 7 seulement proviennent de l'usage des explosifs et sont probablement dus aux mèches employées.

En Belgique, le nombre des accidents dus aux explosifs est plus considérable; de 1880 à 1889, il y a eu 68 accidents de grisou, dont 43 dus aux explosifs,

soit 63 p. 100; toutefois, la réglementation et l'emploi des explosifs de sûreté a abaissé cette proportion. De 1890 à 1899 (le règlement des explosifs de sûreté date de 1895), on a constaté 63 accidents de grisou, dont 35 dus aux explosifs, soit une proportion de 55 p. 100.

Les stipulations des circulaires ministérielles provoquèrent un développement important des explosifs de sûreté à base d'azotate d'ammoniaque, tels que, par exemple, les explosifs Favier, les grisoutines et le coton octonitrique.

Les consommations en France de ces explosifs ont été les suivantes, en 1897 :

Grisoutine	378,000 kilogrammes
Grisoutines (poudres Favier)	108,000
Coton octonitrique	10,000

Nous citerons, parmi les explosifs exposés, les produits Favier et les cheddites ou explosifs Street; ces derniers ont une composition tout à fait différente de celle des explosifs dits de sûreté et reposent sur la propriété intéressante que possèdent les huiles végétales ou animales de dissoudre à chaud des dérivés nitrés qui peuvent être mis alors sans danger en contact avec des chlorates.

En même temps que se développe l'usage des explosifs de sûreté, on utilise de plus en plus les amorces électriques. Les mèches de sûreté, malgré des perfectionnements qui permettent une combustion intérieure à l'abri de l'atmosphère de la mine, inspirent toujours une certaine défiance qui tend à faire diminuer leur emploi. On a cherché cependant à pallier les inconvénients de la mise de feu de ces mèches par l'emploi d'allumeurs de sûreté, tels que ceux de la maison Davey Bickford et de M. Kinsmen.

Toutefois, l'usage des exploseurs électriques et des amorces électriques se répand de plus en plus, en raison de leur facilité d'emploi et de leur sécurité; nous citerons les appareils Gomant, Barbier et Siemens et Halske.

Nous allons examiner, avec quelques détails, les explosifs et appareils nouveaux.

Nous terminerons ce chapitre par une étude sur la station d'essais d'explosifs que le Département des mines d'Angleterre a installé récemment à Woolwich, et qui présente des dispositions intéressantes. Nous donnerons aussi le résumé de la méthode d'essai qui y est employée.

I. EXPLOSIFS.

Explosifs Favier.

Les explosifs brisants sont en général des combinaisons chimiques parfaitement définies et très instables, ce qui rend leur manipulation très dangereuse.

En 1873 le docteur Sprengel montra qu'on pouvait substituer à ces combinaisons des mélanges sans danger. Cette idée fut reprise par le commandant Favier, et mise alors en pratique. Les études auxquelles il se livra aboutirent à deux conclusions qu'il formula ainsi (1889) :

« 1° Puisque dans la détonation des dérivés nitrés, le groupement primitif de leurs

atomes doit être préalablement détruit, il est bien inutile de s'exposer aux dangers qui résultent de la fixation des éléments azotiques sur les substances hydrocarbonées, et on doit pouvoir obtenir des explosifs aussi puissants en juxtaposant simplement ces mêmes éléments.

« 2° En augmentant convenablement la force de l'ébranlement moléculaire initial nécessaire pour déterminer l'explosion des corps nitrés, on doit pouvoir amener à détoner des substances qui sont stables dans les conditions ordinaires.

« L'expérience a montré qu'il en était ainsi et qu'un grand nombre de composés assez résistants aux influences extérieures pour pouvoir être manipulés sans danger faisaient cependant explosion sous l'influence d'un ébranlement moléculaire suffisant. »

Tels sont les principes qu'il réalisa en effet. Les éléments dont il constitua ses explosifs furent, d'une part, l'azotate d'ammoniaque et, d'autre part, les naphtalines nitrées. La fabrication de ces explosifs est assurée actuellement par la Société française des poudres de sûreté, qui les livre en six types différents qui ont la composition suivante :

1° *Poudre Favier n° 1 A :*

Nitrate d'ammoniaque	88
Binitronaphtaline	12

2° *Poudre Favier n° 1 B :*

Nitrate d'ammoniaque	67
Nitrate de soude	19
Nitronaphtaline	14

3° *Poudre Favier n° 2 :*

Nitrate d'ammoniaque	44
Nitrate de soude	40
Nitronaphtaline	16

4° *Poudre Favier n° 3 :*

Nitrate de soude	80
Mononitronaphtaline	20

5° *Grisounite (couche) :*

Nitrate d'ammoniaque	95.5
Trinitronaphtaline	4.5

6° *Grisounite (roche) :*

Nitrate d'ammoniaque	91.5
Binitronaphtaline	8.5

Ces deux derniers types, les grisounites, ont une composition spéciale qui abaisse la température de détonation au-dessous des températures limites adoptées par la Com-

mission du grisou pour les explosifs qui peuvent être employés en couche ou en roche dans les mines grisouteuses et poussiéreuses.

Ces températures sont :

Grisounite (couche), 1,445° (Temp. limite : 1,500°).
Grisounite (roche), 1,875° (Temp. limite : 1,900°).

Dans tous ces mélanges, la nitronaphtaline qui enrobe le nitrate lui enlève la plus grande partie de son hygroscopicité. L'enveloppe étanche des cartouches achève de rendre complète cette protection.

Les explosifs livrés en cartouches reçoivent un dispositif qui est le suivant :

La cartouche-type (fig. 79) se compose d'un cylindre creux formé par le mélange Favier comprimé à une densité de 1.3, dont la partie restée vide est remplie par le même mélange à l'état pulvérulent. Dans cette partie centrale, au moment d'utiliser la cartouche, on enfonce le détonateur.

La partie centrale en pulvérin détonant sous l'action de la capsule transmet l'explosion à la partie comprimée.

La cartouche est enveloppée entièrement de papier paraffiné. En outre elle est enroulée dans un papier enveloppe de couleur variant suivant la nature de la cartouche et qui sert à attacher la mèche.

Nous n'entrerons pas dans les détails de la fabrication que l'on trouvera dans une étude publiée par M. Schmerber dans le *Génie civil* (1897). Nous nous contenterons de dire que, en France, les mélanges sont faits par le service des Poudres de l'État dans la poudrerie nationale d'Esquerdes, d'où la Société les reçoit tout préparés. Elle procède ensuite à la fabrication des cartouches. Celles-ci sont faites comme nous l'avons dit pour les quatre premiers types. Pour les grisounites, qui sont par leur composition plus difficiles à faire exploser, les cartouches ne contiennent l'explosif qu'à l'état pulvérulent.

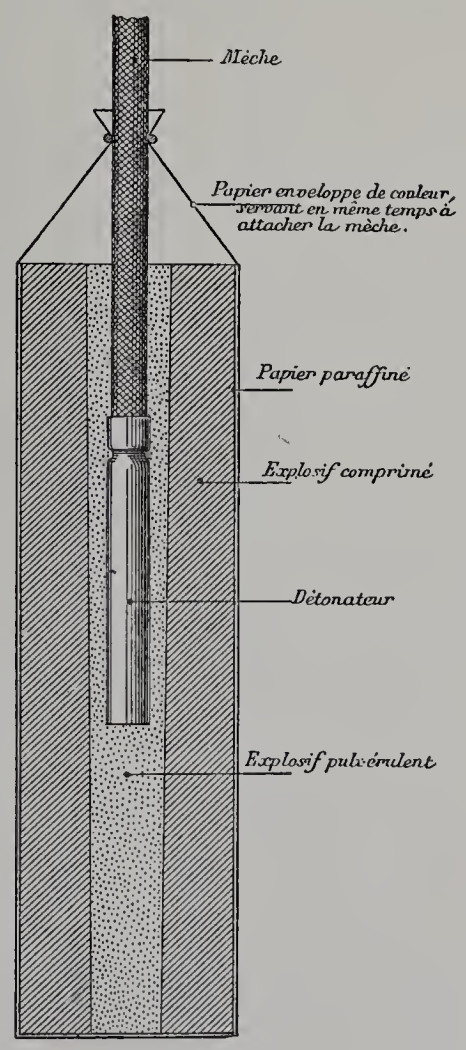


Fig. 79.
Coupe de la cartouche Favier.

Ces explosifs sont très stables. Toutes les expériences très rigoureuses faites sur eux ont montré qu'ils sont insensibles aux chocs les plus violents et au feu. Ils résistent également au froid sans subir d'altération. L'explosion se fait régulièrement par des capsules de 1 gramme de fulminate, sauf pour les grisounites qui exigent des charges de 2 grammes.

La puissance de l'explosif Favier a été déterminée par le Laboratoire central des

poudres et salpêtre (1897). L'échelle des forces théoriques composées des divers explosifs qui a été publiée est la suivante :

EXPLOSIF.	COMPOSITION.		FORCE THÉORIQUE.
Dynamite-gomme B de Cugny.	Nitroglycérine	82	10.597
	Coton azotique	6	
	Nitrate de potasse	9	
	Cellulose	3	
Dynamite-gomme J de Cugny.	Nitroglycérine	92	10.406
	Coton azotique	8	
Poudre Favier n° 1	Nitrate d'ammoniaque	88	9.16
	Binitronaphtaline	12	
Grisounite Favier pour roche.	Nitrate d'ammoniaque	91.5	8.439
	Binitronaphtaline	8.5	
Grisoutine n° 1 de l'État.	Nitrate d'ammoniaque	80	7.825
	Coton-poudre	20	
Grisoutine-gomme Ablon.	Nitroglycérine	29.1	7.563
	Coton nitré	0.9	
	Nitrate d'ammoniaque	70	
Grisoutine Favier pour couche.	Nitrate d'ammoniaque	95.5	7.285
	Trinitronaphtaline	4.5	
Explosif n° 1 gélatiné.	Nitroglycérine	57.5	7.196
	Coton azotique	2.5	
	Nitrate de potasse	32.0	
	Cellulose	8.0	
Grisoutine n° 2 de l'État.	Nitrate d'ammoniaque	90.5	6.919
	Coton-poudre	9.5	
Grisoutine B Ablon.	Nitroglycérine	11.76	6.285
	Coton nitré	0.24	
	Nitrate d'ammoniaque	88.00	
Poudre de mine ordinaire.	Sevran		2.801

Nous donnerons encore les résultats obtenus par la Commission des substances explosives en 1897, pour les essais en vase clos :

DÉSIGNATION des EXPLOSIFS.	RENDEMENT INDUSTRIEL.	FORCE DÉDUITE DES ESSAIS MANOMÉTRIQUES et DES ÉVALUATIONS THÉORIQUES.		QUANTITÉS DE CHALEUR DÉGAGÉE PAR KILOGRAMME.	
			coefficient.		coefficient.
Dynamite-gomme Cugny	100	10.501	100	1.545	100
Dynamite n° 1	67	7.797	74	1.109	75
Grisoutine-gomme	69	7.563	72	600	41
Grisoutine B d'Ablon	53	6.285	60	530	37
Poudre Favier n° 1	65	9.016	86	968	65
Grisoutine n° 1 de l'État	61	7.825	74	810	55
Poudre de mine ordinaire	31	2.919	28	637	43

Enfin la Société a déterminé par l'expérience les gaz résultant de la détonation de ces explosifs (théoriquement eau, acide carbonique, azote), question intéressante dans les mines, où les ouvriers peuvent éprouver dans certains cas des inconvénients sérieux à respirer des gaz toxiques produits par les coups de mines.

On a trouvé que les produits gazeux de la détonation des explosifs Favier ne contiennent généralement pas de trace d'oxyde de carbone ni de produits nitreux. Quant aux produits solides, ils consisteraient en nitrate d'ammoniaque (1 à 2 milligrammes par mètre cube de gaz) et en charbon provenant vraisemblablement des enveloppes. C'est le nitrate d'ammoniaque qui pique légèrement les yeux des mineurs qui entrent dans les fumées produites par le coup de mine.

Explosifs Street ou cheddites.

Les explosifs dénommés *cheddites* et fabriqués par la Société Bergès Corbin et Cie, à Chedde (Haute-Savoie), sont des explosifs chloratés dont la constitution repose sur une particularité découverte par M. Street. Cette particularité consiste dans le grand pouvoir dissolvant à chaud des huiles végétales et animales vis-à-vis des dérivés nitrés.

Partant de cette propriété intéressante, M. Street constitue ses explosifs par un intime mélange de chlorate finement pulvérisé et d'une dissolution de dérivés nitrés (nitronaphtaline, acide picrique, dinitrobenzol, dinitrotoluène) dans l'huile de ricin.

Cette préparation est sans danger : les corps nitrés sont dissous dans l'huile chauffée au bain-marie et le chlorate est ensuite ajouté et intimement mélangé jusqu'au refroidissement. Chaque grain de chlorate est après le mélange enrobé dans une couche de dissolution huileuse qui se fige au refroidissement; il est ainsi isolé de l'humidité atmosphérique.

Ces deux points, dissolution huileuse des corps nitrés et enrobement des particules de chlorate de potasse dans cette dissolution, sont caractéristiques de l'explosif Street. Cet explosif est relativement facile à préparer et son prix de revient serait inférieur de 25 à 30 p. 100 à celui des dynamites.

Cet explosif se présente sous l'apparence d'une masse colorée en jaune, pulvérulente, dont les éléments se soudent facilement sous une légère pression.

Les explosifs principaux sont les nos 41, 60 et 60 *bis*.

L'explosif n° 41 a la composition suivante :

Nitronaphtaline	12
Huile de ricin	8
Chlorate de potasse	80

Température de détonation : 3,221 degrés.

Cet explosif est progressif. Il travaille à la façon de la poudre noire dont il possède environ deux fois la puissance.

L'explosif n° 60 est composé de :

Nitronaphtaline	12
Huile de ricin	6
Acide picrique	2
Chlorate de potasse	80

Température de détonation : 3,437 degrés.

C'est un explosif brisant, équivalant à peu près à la dynamite Guhr à 75 p. 100 de nitroglycérine.

Malgré la présence d'acide picrique dans cet explosif, la formation de picrate de potasse ne peut se produire grâce à l'enrobement du chlorate dans l'huile figée contenant le dérivé nitré.

L'explosif n° 60 *bis* est un type dans lequel l'acide picrique a été remplacé par le dinitrotoluène. A poids égal, il est équivalent à la dynamite gélatinée n° 1. Il a une puissance supérieure de 20 à 25 p. 100 à celle du type 60.

Enfin un autre type au perchlorate d'ammoniaque possède une puissance équivalente à celle des dynamites-gommes.

Ces différents types sont très stables. Les chocs ne déterminent que des explosions localisées à la partie percutée et qui ne se sont jamais propagées. L'inflammation ne provoque jamais la détonation. Elle se propage lentement et peut être facilement arrêtée par l'eau. Le froid n'a aucune action sur les cartouches de cheddite. L'explosif est aussi insensible à une chaleur dépassant peu 120 degrés (à 90° il devient pâteux, puis mou à la longue).

L'action de l'humidité atmosphérique est nulle.

L'acide sulfurique concentré produit l'inflammation sans détonation. Le plomb fondu ne provoque qu'une faible détonation partielle du type 60. Ce même type en contact prolongé avec des oxydes de fer ne forme pas de picrates.

Ces cheddites peuvent s'employer soit en cartouches, soit en grains, soit en poudre libre. En cartouches dans les trous de mines, l'explosif détone avec une cartouche de 1 gramme de fulminate. Dans les autres cas, on emploie 2 grammes au plus de fulminate.

Les gaz produits ne sont pas nuisibles pour les mineurs.

II. APPAREILS DE MISE DE FEU.

Parmi les appareils de mise de feu nous citerons :

1° Pour les amorces électriques : les exploseurs à basse tension C. Gomant, ceux de la Société d'explosifs et de produits chimiques (système Barbier) et ceux de Siemens et Halske.

2° Pour les amorces ordinaires : le coup de poing Kinsmen et le pistolet (avec amorce spéciale) de la Compagnie Davey Bickford Smith.

1° *APPAREILS DE MISE DE FEU POUR AMORCES ÉLECTRIQUES.*

Exploseur C. Gomant.

Cet exploseur (fig. 80) à manivelle comprend essentiellement une petite dynamo à induit Siemens en dérivation. Elle est munie d'une détente automatique qui est en somme la particularité à signaler de cet appareil. Cette détente automatique fonctionne de la façon suivante :

1° Au moment où l'on met la machine en marche et jusqu'à ce que la dynamo ait atteint son maximum de puissance, le courant est dirigé dans les inducteurs, ce qui a pour effet d'exciter rapidement la machine.

2° Lorsque le maximum de courant est obtenu, la détente dirige ce courant automatiquement sur la ligne.

L'exploseur est muni d'un contrôleur de ligne à sonnerie qui permet à tous moments de vérifier que le circuit est bien établi. Il suffit de placer la manette extérieure sur le plot *contrôle* et de tourner la manivelle sans force.

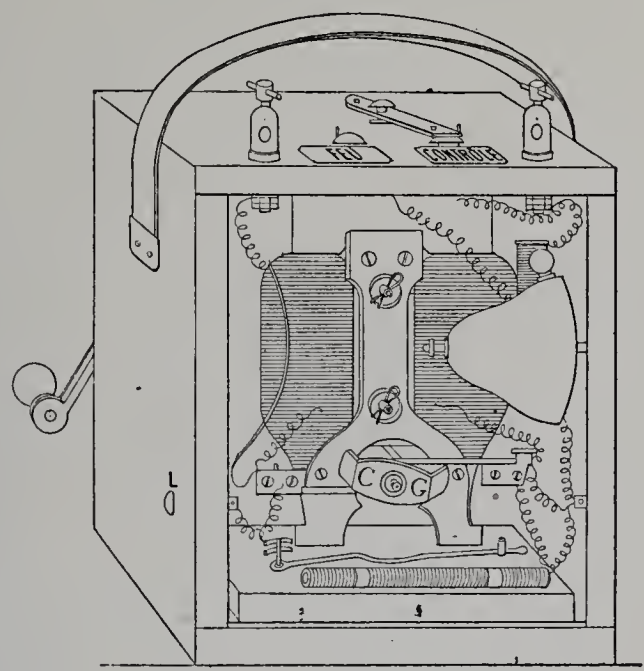


Fig. 80. — Exploseur électrique C. Gomant.

Le nouveau modèle A de M. Gomant comporte un système de commutation extérieur dont la disposition est représentée ci-après (fig. 81), qui permet de faire exploser à volonté et à grande distance une quelconque d'un certain nombre de sections de lignes de mines. Ce commutateur se compose d'une planchette adjointe au couvercle de l'exploseur et qui porte un commutateur manette reposant d'une part sur un cercle de contact A, et d'autre part sur un certain nombre de plots P ou R.

Le cercle de contact A est relié à l'une des bornes anciennes B. L'autre borne B est reliée à une autre B′ d'où part la ligne générale de raccordement L.

Une section de mines étant disposée en circuit, l'une des extrémités est reliée à la ligne L, l'autre à l'un des plots P. On a ainsi des circuits sectionnés 1, 2, 3, etc. Le plot R, dit *repos*, est isolé.

C'est le plot que doit recouvrir la manette du commutateur quand l'appareil ne doit pas fonctionner. Si la manette est en P_1, on voit que le courant passera seulement par le circuit 1, indépendamment des autres. Ceci permet de disposer des circuits en tenant compte des résistances dues aux distances qui peuvent alors être aussi grandes

que le permet l'appareil pour chaque circuit, et en une seule opération de faire partir un grand nombre de ces circuits.

L'appareil A peut donner des courants allant jusqu'à 3 A 6; et l'appareil B jusqu'à 2 A 2. Ils pèsent, l'appareil A 16 kilogrammes et l'appareil B 11 kilogrammes.

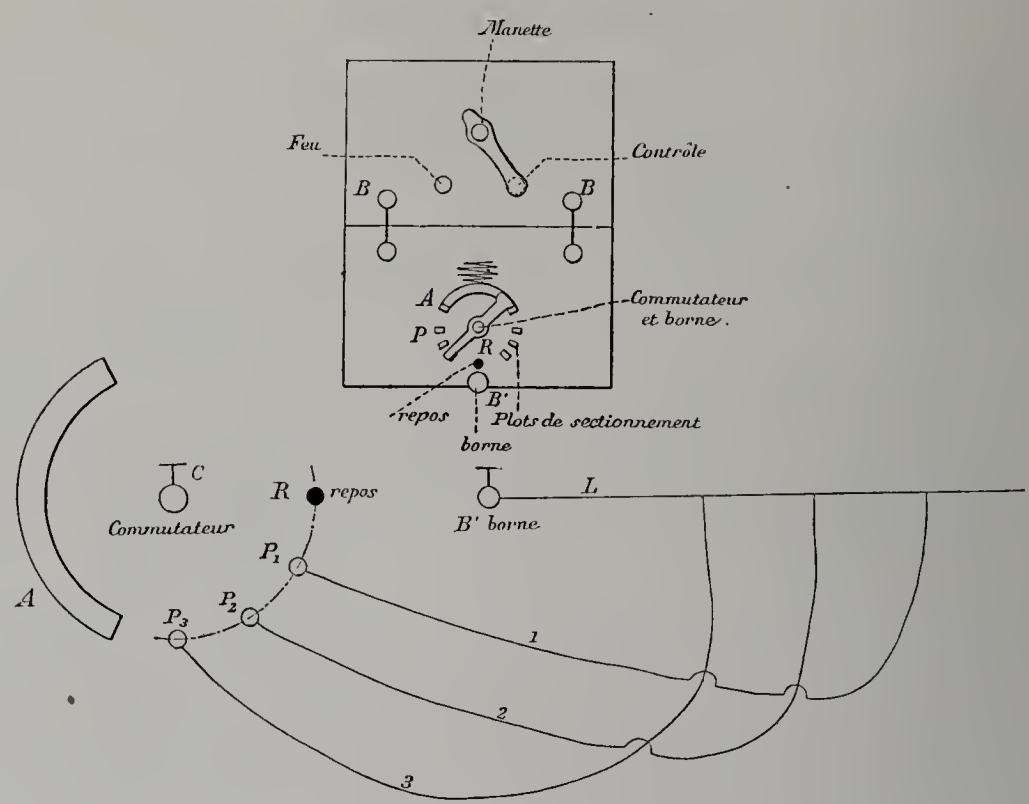


Fig. 81. — Système de commutation de l'exploseur Gomant.

Exploseur Barbier de la Société d'explosifs et de produits chimiques.

Ces exploseurs (fig. 82) sont des dynamos très simples. Ils possèdent un mécanisme intérieur que l'on peut actionner, soit par une poignée, soit par une manivelle, soit enfin par un ressort bandé préalablement et déclanché au moment voulu.

Ces appareils sont disposés pour envoyer sur la ligne, non pas le courant produit par la dynamo, mais un extra-courant de rupture de grande intensité et de bas voltage.

Pour obtenir ce courant la disposition générale est la suivante (fig. 83). Les balais B et B′ sont reliés aux inducteurs. Les fils des inducteurs aboutissent en A et A′ aux fils principaux allant aux bornes de prise de courant P et P′. De A et A′ partent deux autres fils AB et A′B′ se terminant par deux balais C et C′. Ces balais s'appuient sur un cylindre O tournant en même temps que la dynamo, et dont une partie de la surface extérieure est revêtue d'une armature de cuivre, se terminant en E et E′ suivant deux génératrices du cylindre O, qui est en substance non conductrice (ébonite).

Le fonctionnement est le suivant : la dynamo étant mise en mouvement, le magnétisme rémanent de l'armature l'amorce. Le courant qui passe entièrement dans les

inducteurs achève de l'exciter. Il passe ensuite dans ABC et revient par C'B'A', les deux balais se trouvant sur la partie métallique conductrice du cylindre O, et la résistance du circuit ABCC'B'A' étant très inférieure à celle de la ligne des amorces. A la fin du mouvement, la dynamo donnant son maximum de courant, les deux balais quittent brusquement l'armature EE' et le courant est coupé. Il se produit alors un extra-courant de rupture de grande intensité et bas voltage qui se trouve lancé sur la ligne.

Ces appareils peuvent être essayés par l'emploi d'une lampe à incandescence spéciale que l'on raccorde par deux fils de cuivre aux bornes de prise de ligne. On manœuvre ensuite l'exploseur comme pour une mise de feu et on doit obtenir une lueur blanche dans la lampe. Les lampes sont établies pour chaque type d'appareil.

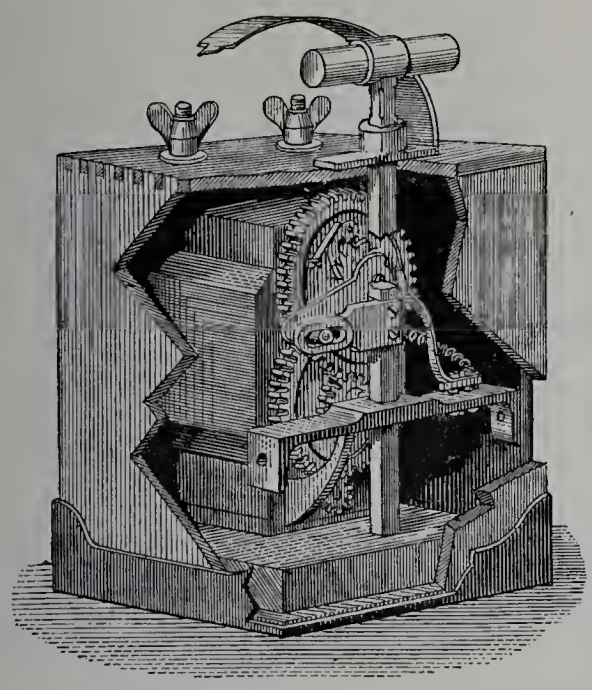


Fig. 82. — Exploseur électrique Barbier.

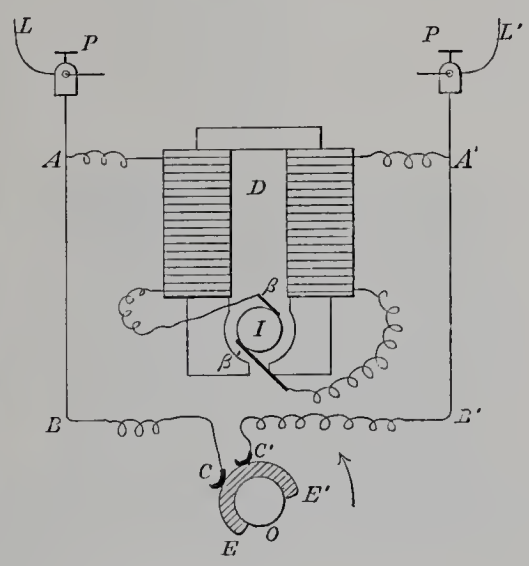


Fig. 83. — Schéma des connexions de l'exploseur Barbier.

Les exploseurs construits par la Société d'explosifs et de produits chimiques sont les suivants :

Exploseur n° 3 à poignée pour 15 à 20 mines :

Poids	14 kilogrammes
Force électromotrice	15 volts
Résistance intérieure	3 ohms 5

Exploseur n° 1 à manivelle pour 3 à 6 mines :

Poids	$6^{k}750$
Force électromotrice	9 volts
Résistance intérieure	2 ohms

Exploseur n° 0 bis à bouton pour 3 à 6 mines, possédant un ressort que l'on bande avec une clef mobile et que l'on déclanche avec le bouton :

Poids	4^k800
Force électromotrice	8 volts
Résistance intérieure	2 ohms

Exploseur n° 0 à bouton dit boute-feu pour 1 à 2 mines, destiné à rester entre les mains de l'ouvrier chargé de mettre le feu :

Poids	3^k750
Force électromotrice	6 volts
Résistance intérieure	2 ohms

Nous citerons un autre exploseur très simple, mais d'un principe tout différent, à piles sèches, construit aussi par cette société. Il est très léger. Sa force électromotrice est de 11 volts et sa résistance intérieure de 2 ohms. Un des inconvénients de ce système est l'épuisement des piles que l'on contrôle d'ailleurs au moyen d'un voltmètre.

Exploseur Siemens et Halske.

L'exploseur comprend une petite dynamo qui peut être mise en action par la détente d'un ressort. Un dispositif permet, comme dans l'exploseur C. Gomant, de ne faire passer le courant sur la ligne des mines qu'au moment du maximum d'intensité.

La figure ci-jointe (fig. 84) montre la disposition schématique de l'appareil.

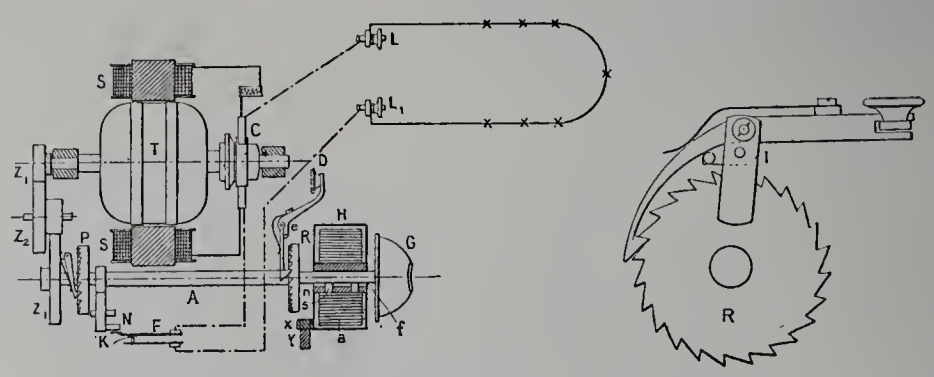


Fig. 84. — Schéma de l'exploseur électrique Siemens et Halske.

Un arbre A peut être actionné par un fort ressort *a* qui porte une clé de remontage G.

L'arbre A porte une roue dentée R que peut retenir un cliquet à ressort manœuvré par le levier D.

En appuyant sur D, le ressort se détendant entraîne l'arbre A rendu libre, qui par l'intermédiaire des trains d'engrenages Z_1, Z_2, Z_3 provoque la mise en marche de la dynamo. Le courant qui sort du collecteur C traverse l'inducteur en dérivation S et l'excite au maximum. A ce moment un ressort F qui coupait en K le circuit extérieur est poussé

par le taquet N et le contact K est établi; le courant, alors à son maximum, est lancé dans le fil de ligne.

Le taquet N est relié par train d'engrenages fixes à l'arbre A. Il se remet donc automatiquement en place lorsqu'on tourne l'arbre A en sens inverse en remontant le ressort.

Les ressorts protecteurs *l*, prenant appui sur les dents de la roue R en mouvement, empêchent tout contact de la roue et du cliquet pendant la détente.

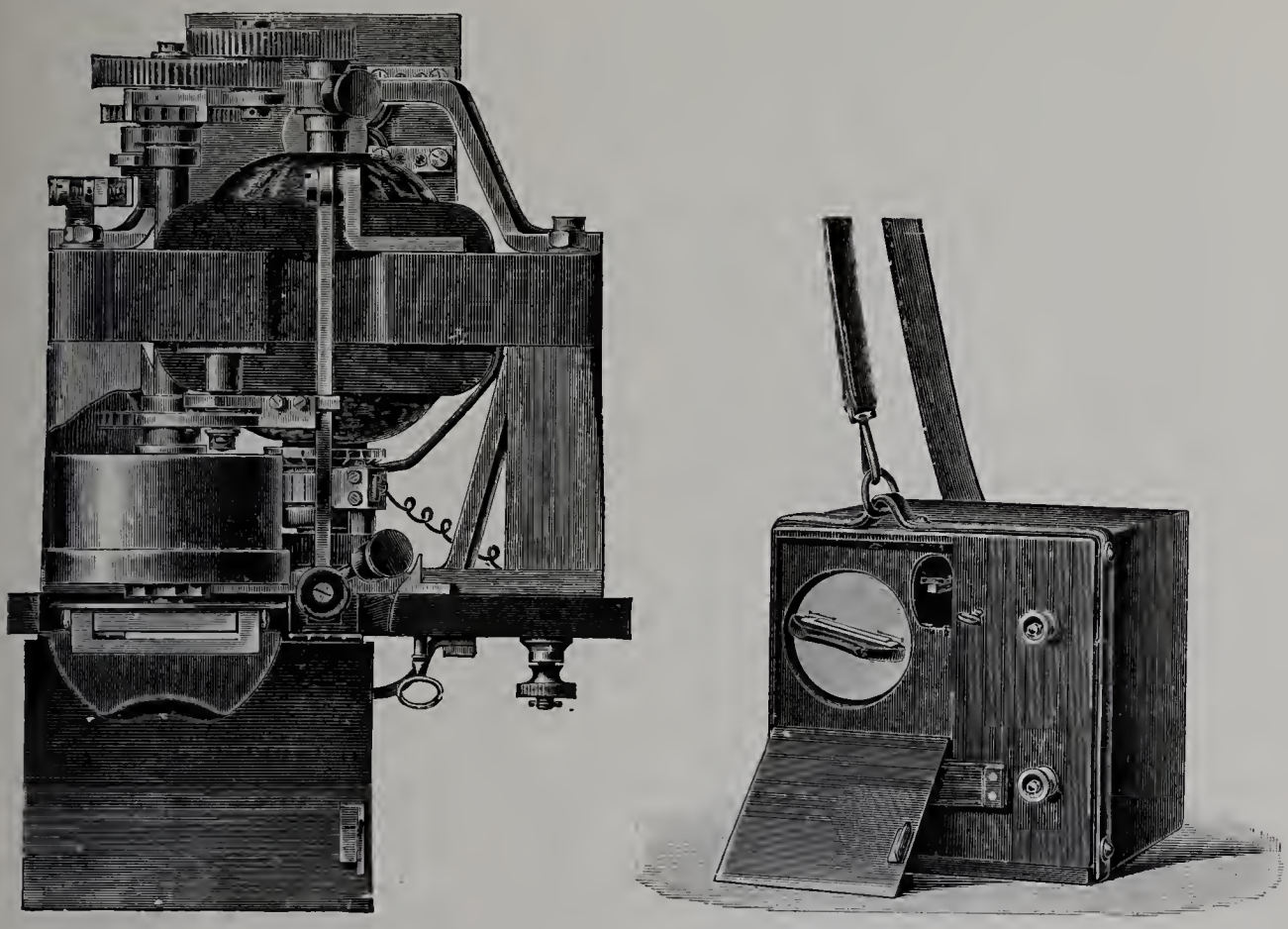


Fig. 85. — Exploseur électrique Siemens et Halske.

L'exploseur Siemens et Halske pèse 9 à 10 kilogrammes. Il est renfermé (fig. 85) complètement dans une boîte qui peut se porter sur l'épaule avec une courroie. Le bouton et la clé du ressort sont recouverts par une planchette fixée à la boîte par une clé.

L'appareil donne 70 watts environ au moment de l'allumage. Il permet de faire détoner 60 à 80 amorces sur une ligne totale de 1,200 mètres. Il se vérifie au moyen d'un contrôleur portatif.

2° *APPAREILS DE MISE DE FEU POUR MÈCHES ET AMORCES ORDINAIRES.*

Allumeur de sûreté système Davey Bickford Smith and C°.

On connaît les dangers de l'allumage des mèches de mine; on a cherché de divers côtés à les éviter en opérant cet allumage à l'abri de l'atmosphère de la mine. C'est dans

ce but que la maison Davey Bickford Smith and C° a créé un allumeur, de sûreté, qui figurait dans son exposition.

Cet allumeur (fig. 86) consiste en une amorce-capsule spéciale que l'on sertit sur l'extrémité de la mèche à allumer, et que l'on place dans un pistolet-allumeur à percussion.

L'amorce-capsule se compose :

1° D'une amorce A au fulminate renforcée;

2° D'une spirale B en laiton imprégnée d'une petite quantité de pulvérin.

3° D'une gaine en laiton C dans laquelle est introduite la mèche jusqu'à un diaphragme D formant butoir;

4° D'une toile métallique E en fil de laiton très fin présentant 1,089 mailles au centimètre carré. Cette toile est destinée à empêcher le contact direct des produits de la combustion et de l'atmosphère extérieure. Elle est fortement sertie sur le porte-amorce et sur la gaine et ne présente pas de couture longitudinale; elle se ferme par un recouvrement d'une demi-circonférence.

La mèche à allumer, dont l'extrémité a été rafraîchie, est introduite à fond dans la gaine C et on la sertit fortement vers l'extrémité de cette gaine avec un outil spécial.

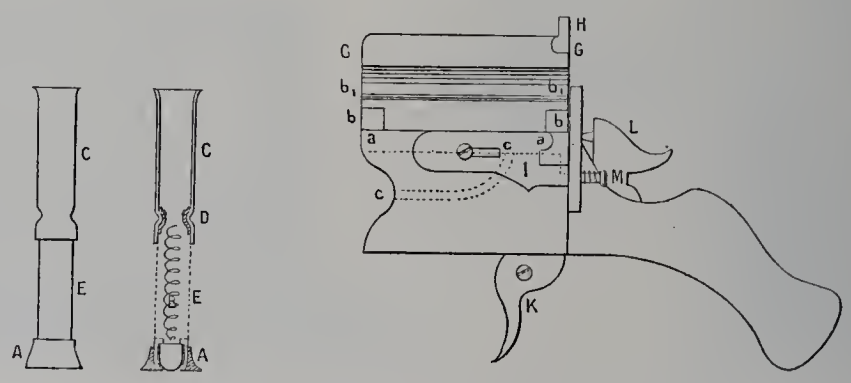


Fig. 86. — Amorce de sûreté et pistolet allumeur Davey Bickford Smith.

L'amorce est introduite à son tour dans le pistolet spécial qui doit en produire l'inflammation. Ce pistolet est représenté par la figure 86. Un canal *aa* permet d'encastrer l'allumeur à moitié de son épaisseur. Un chapeau GG, mobile autour d'une charnière *bb*, porte en creux un canal demi-cylindrique b_1b_1 qui vient recouvrir la partie supérieure de l'allumeur, lorsque ce chapeau est rabattu; un verrou à ressort I immobilise alors l'ergot H du chapeau rabattu et assure la fermeture.

Il suffit alors d'actionner la gâchette K du pistolet pour soulever le chien L, puis le déclancher et faire partir l'amorce. Les fumées sont évacuées par un canal CC.

En appuyant sur le bouton M, on dégage alors l'ergot H du verrou; un ressort provoque le relèvement du chapeau. L'amorce est alors enlevée et remplacée par une autre.

La manœuvre est rapide et permet l'allumage d'une volée de coups de mines en un temps très court.

Des expériences faites dans des atmosphères explosives par M. l'ingénieur en chef des

mines Chesneau en 1899, il résulte que sur trente expériences dans le formène, et trente dans le gaz d'éclairage, aucun allumage du mélange explosif n'a été obtenu. Ces expériences ont été faites sans rabattre le chapeau, par conséquent dans les conditions les plus favorables à un allumage du mélange gazeux. On constate au moment de la détonation du fulminate une lueur rouge sombre très courte qui sort de la boîte métallique; cette inflammation à l'extérieur de la toile est trop rapide, et les gaz sont trop refroidis pour provoquer l'inflammation du mélange. Il semble donc que cet allumeur présente un haut degré de sécurité.

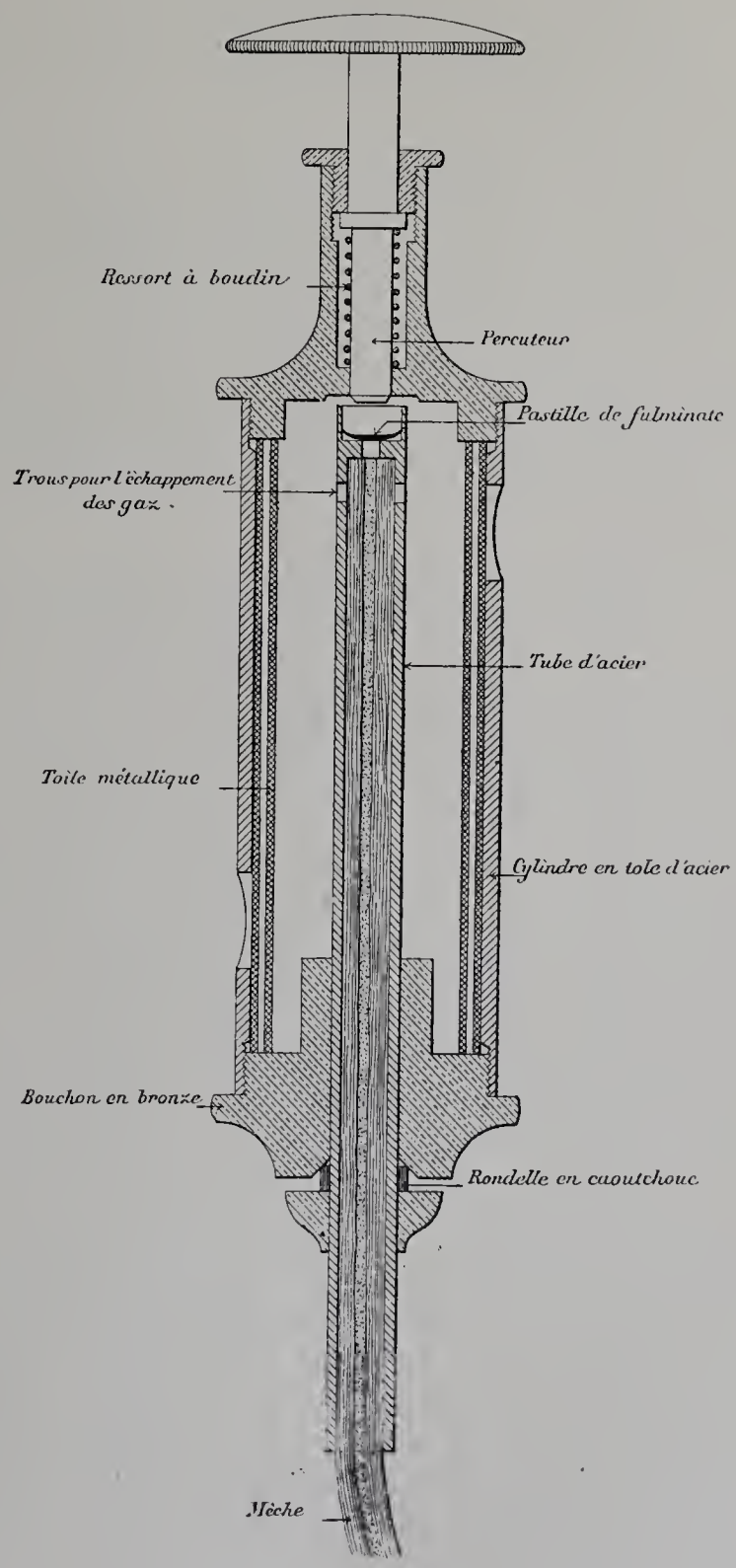


Fig. 87. — Coup de poing allumeur Kinsmen.

« Coup de poing » Kinsmen.

L'appareil allumeur dit « coup de poing » exposé par M. Kinsmen (fig. 87) permet de mettre le feu aux mèches de mines sans danger dans les milieux grisouteux.

Cet appareil consiste en un tube cylindrique de 0 m. 08 de long sur 0 m. 03 de diamètre. A la partie supérieure se trouve un percuteur à ressort sur lequel on peut agir en le frappant avec la paume de la main. L'intérieur du tube est garni d'une triple enveloppe de toile métallique pour lampe à grisou.

Il est fermé à la partie inférieure par une rondelle à vis, percée en son centre d'un trou de 8 millimètres, dans lequel peut passer à frottement assez doux un tube de fer dit « porte-mèche » dans

lequel on peut introduire exactement une mèche par la partie inférieure; la partie supérieure portant un petit diaphragme sur lequel on peut placer une pastille amorce.

Le cylindre et le tube porte-mèche sont percés de trous pour l'échappement des gaz.

Les amorces que l'on emploie sont de simples amorces en papier semblables à celles qui sont si répandues dans l'industrie des jouets. L'amorce est placée dans le tube porte-mèche sur le diaphragme butoir percée d'un trou central. La mèche est placée dans ce petit tube jusqu'au contact du butoir que l'on entre ensuite dans l'appareil qui se trouve alors prêt à fonctionner et complètement isolé de l'extérieur, sauf les deux ouvertures qui sont protégées par la toile métallique.

Un coup frappé sur le percuteur produit la déflagration de l'amorce, dont le feu passant par le trou du butoir enflamme la mèche. Les gaz s'échappent par les petits orifices latéraux du tube porte-mèche et les deux ouvertures du cylindre.

Quand l'inflammation a pénétré de quelques centimètres dans la mèche (1 à 2 secondes) on peut retirer celle-ci du porte-mèche et enlever l'appareil.

Station d'essai pour les explosifs de mines à Woolvich.

A la suite des études faites par une commission instituée en 1897, le Secrétaire d'État de l'Intérieur décida la création d'une station d'essai pour les explosifs destinés à être employés dans les mines. Cette station fut munie d'appareils spéciaux pour les essais de toute nature, soit dans les gaz combustibles, soit dans les atmosphères poussiéreuses, et fonctionna peu de temps après. Il est intéressant de donner quelques renseignements sur la disposition intérieure et les appareils de cette station, dont un modèle figurait dans l'exposition officielle du ministère de l'Intérieur de l'Angleterre. Nous donnerons ensuite quelques renseignements sur la façon dont sont conduits les essais.

Station d'essai. — Elle se compose de deux bâtiments adjacents. L'un (fig. 88 et 89) renferme la machinerie et les appareils, l'autre sert de poste d'observation et ses murs sont munis de fentes qui permettent de suivre les expériences tout en restant à l'abri des explosions qui pourraient se produire.

Le premier bâtiment (voir fig. annexée) comprend, avec la machinerie nécessaire, deux séries d'appareils d'essai : les uns pour les essais des explosifs au milieu des gaz, les autres pour ces essais dans une atmosphère poussiéreuse.

Appareils d'essai dans les gaz. — Cet appareil se compose d'un long tube formé de tubes partiels en fer forgé réunis par des cercles boulonnés. Ce tube débouche à travers un des murs du bâtiment et cette extrémité extérieure est fermée par un diaphragme en papier verni, ou toute autre matière analogue. L'autre extrémité se termine par un disque en fer forgé percé d'une ouverture centrale dans laquelle on peut introduire la bouche d'un canon particulier qui porte la charge de l'explosif à essayer.

Ce canon est constitué par un solide bloc d'acier percé suivant son axe d'un trou dont le diamètre est celui des trous de mines ordinaires. Il est monté sur un petit chariot roulant sur rails.

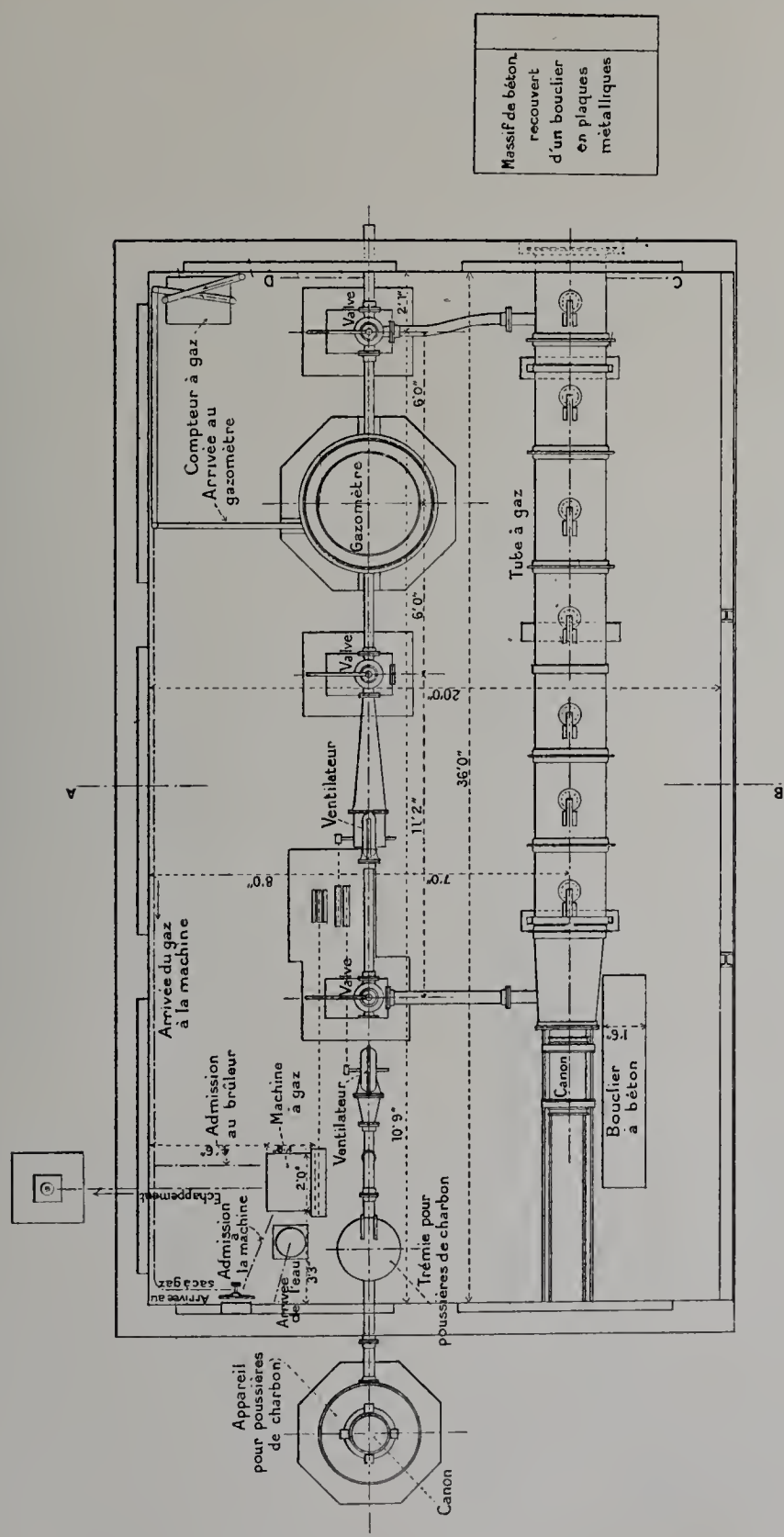


Fig. 88. — Plan général de la station d'essai des explosifs de mine à Woolwich.

Pour se garer contre les accidents qui pourraient provenir de l'explosion du canon, on a disposé à côté de ce dernier un bouclier en béton de ciment, comme le montre la figure.

IMPRIMERIE NATIONALE.

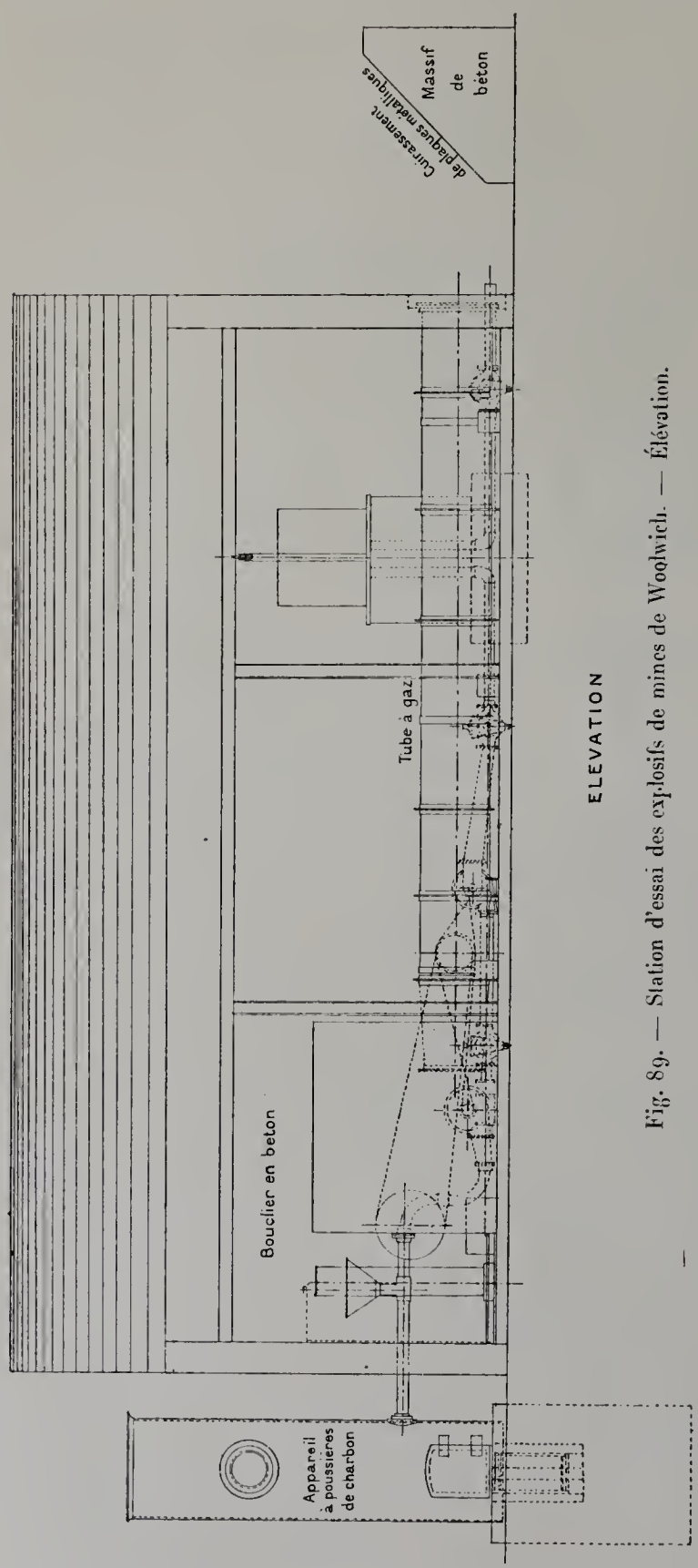


Fig. 89. — Station d'essai des explosifs de mines de Woolwich. — Élévation.

Le tube de fer est muni à sa partie supérieure de sept soupapes de sûreté destinées à être mises en jeu lorsque l'atmosphère gazeuse qui est contenue dans le tube fait explosion sous l'influence de la détonation de l'explosif. Ces soupapes servent aussi d'issue pour les flammes qui se produisent lorsqu'il y a combustion et qui peuvent être aussi observées. Toutefois ce mode d'observation des flammes pouvant être mis en défaut, on place à l'extrémité du tube une touffe de fil de coton-poudre qui ne peut être enflammée que par la combustion des gaz; ce qui constitue une épreuve des plus nettes de cette combustion.

Près du tube se trouve un gazomètre muni d'un indicateur de niveau. Un ventilateur centrifuge permet de faire circuler, au moyen de tubes reliés au gazomètre et aux deux extrémités du tube d'essai, le mélange d'air et de gaz nécessaire à l'expérience.

Pour opérer un essai, on charge le canon et on le fixe à l'extrémité du tube à gaz; on remplit le gazomètre d'une quantité déterminée de gaz à la pression atmosphérique, puis on ouvre les robinets et en mettant le ventilateur en mouvement on amène le gaz dans le tube, chassant ainsi l'air par l'autre extrémité. Au bout d'une minute de marche l'air et le gaz forment un mélange intime avec très peu de perte. Les robinets sont alors fermés et la charge tirée; les résultats sont observés comme on l'a dit.

Appareil pour les atmosphères poussiéreuses. — Cet appareil consiste en un tube vertical reposant sur un massif de béton; ce dernier porte en son centre un canon vertical maintenu par des cales de bois. Le tube vertical est muni à sa base d'une ouverture latérale fermée par une porte solide, par laquelle s'effectue la charge du canon. A sa partie supérieure, il est muni d'un trou à air, servant aussi pour les observations. La poussière de charbon est placée dans une trémie aboutissant à un tube reliant un ventilateur au tube d'essai. Le ventilateur étant en marche, on ouvre l'ouverture inférieure de la trémie et l'air refoulé dans le tube se charge des poussières de charbon. Dès que le tube d'essai est suffisamment rempli, on ferme le tuyau d'amenée d'air, et on tire la charge.

Le bâtiment contient de plus une machine à gaz munie de tous ses accessoires qui est destinée à la manœuvre des ventilateurs.

Méthode d'essai. — Depuis 1899 des instructions ont été données par le Secrétaire d'État de l'Intérieur pour que les essais ne se bornent pas à déterminer si un explosif doit être admis dans la liste des explosifs de mine autorisés, mais pour qu'ils donnent de plus aux exploitants les éléments nécessaires pour se former une opinion sur chaque explosif et fixer leur choix suivant la nature des mines exploitées.

La méthode d'essai à suivre dans les expériences a été déterminée par un document officiel que nous reproduisons ci-dessous :

« 1° L'essai des explosifs sera fait par les inspecteurs des mines chargés de ce service dans l'arsenal de Woolwich au moyen des appareils de la station d'essai;

« 2° Les charges des explosifs à tirer seront déterminées de la façon suivante :

« *a.* Pour les explosifs exigeant un détonateur (explosifs brisants ou « high explosives ») la charge sera déterminée de façon à équivaloir à une charge donnée de dynamite n° 1 (à 75 p. 100 de nitroglycérine), c'est-à-dire que ces deux charges devront produire après explosion la même dilatation dans un cylindre de plomb, avec bourrage de sable.

« *b.* Dans le cas de poudre à canon, ou d'explosif n'exigeant pas de détonateur, la charge devra être déterminée de façon à équivaloir à une charge donnée de poudre R F G², équivalence déterminée par l'obtention d'une même dilatation après explosion dans un cylindre de plomb, avec bourrage de sable et compression énergique moyen d'une masse en métal.

« (Si cette méthode de comparaison ne peut s'appliquer d'une façon satisfaisante à l'explosif à essayer, on recherchera celle qui conviendra le mieux.)

« 3° Chaque explosif sera soumis aux épreuves suivantes :

« Dix coups avec charge équivalente à 85 grammes de dynamite ou 227 grammes de poudre R F G² et 0 m. 23 de bourrage.

« Dix coups avec charge équivalente à 113 grammes de dynamite ou 340 grammes de poudre R F G² et 0 m. 30 de bourrage.

« 4° Chaque coup sera tiré par l'électricité et, dans le cas des explosifs à détonateurs, le type du détonateur à employer sera celui que fixera le fabricant de l'explosif;

« 5° Toutes les charges seront bourrées avec de l'argile sèche bien serrée;

« 6° Chaque coup sera tiré dans l'enveloppe dont l'explosif est muni pour l'usage courant[1].

« 7° Chaque coup sera tiré dans un mélange de 85 p. 100 d'air et 15 p. 100 de grisou fourni par les appareils à gaz de l'arsenal (ou tout autre mélange équivalent).

« 8° Un explosif sera jugé avoir satisfait à l'épreuve si, dans les deux séries de dix coups mentionnées ci-dessus, aucune combustion de gaz n'a été constatée, et si aucun coup n'a laissé de résidu appréciable non explosé.

« 9° Un coup peut être tiré à nouveau par l'opérateur officiel, s'il juge qu'il y a des raisons de croire que le résultat a pu être faussé par des causes indépendantes de l'explosif. »

[1] « Dans le cas où un explosif aura satisfait à l'épreuve, il ne sera autorisé qu'avec l'enveloppe dans laquelle il était renfermé pour l'essai et qu'avec le détonateur ou les détonateurs employés pour cet essai. Aucun changement de détonateur ou d'enveloppe ne pourra être fait sans l'autorisation du Secrétaire d'État. »

CHAPITRE III

TRAVAUX DIVERS ET INSTALLATIONS INTÉRIEURES.

Nous avons groupé dans ce chapitre un certain nombre de travaux et installations se rapportant à l'installation générale des mines qu'il était difficile de faire figurer sous des rubriques spéciales.

Travaux divers. — Parmi les travaux divers que nous avons pu analyser d'après les documents exposés, les uns se rapportent à des procédés de revêtements, d'autres à des procédés de serrement de cuvelage ou de fonçage, se rapportant à des cas très particuliers, mais intéressants à noter en raison de leur application possible totale ou partielle dans des cas qui peuvent se présenter.

Dans cet ordre d'idées nous aurons à noter l'application du béton de ciment au revêtement soit de puits de mine, soit de galeries ou de chambres souterraines. Les revêtements de ce genre ont été faits aux charbonnages de la Société Cockerill et à Ougrée et ont donné de bons résultats. Ils présentent une résistance considérable et leur prix de revient dans les cas dont il s'agit a été inférieur à celui de la maçonnerie ordinaire. On y a employé le ciment de laitier; le béton formé de ciment de laitier, de laitier granulé et de pierres diverses donnait une résistance de 300 kilogrammes à la compression; il a été employé avec un coefficient de sécurité d'un dixième. Dans ces conditions on a pu réaliser par exemple, dans le revêtement d'un puits, un avancement à peu près double de celui qu'on réalisait pour la maçonnerie ordinaire avec une épaisseur moitié moindre et un prix de revient de 45 p. 100 meilleur marché. Le béton de ciment a été aussi employé avec succès pour l'établissement de serrements.

Ces résultats sont intéressants; toutefois ce procédé de revêtement ne convient pas à tous les cas et demande des précautions particulières dans son application.

Nous avons à signaler aussi un procédé de revêtement et approfondissement simultané d'un puits employé avec succès à Ougrée.

Nous noterons, pour terminer, une méthode assez intéressante employée au siège Sainte-Barbe (charbonnages de Resaix, Leval, Péronnes et Sainte-Aldegonde) pour fonçer à niveau vide pendant la traversée des morts-terrains un puits d'aérage près d'un puits d'extraction déjà existant.

Installations intérieures. — Ces installations comprennent des types divers concernant l'encagement des berlines et l'enlèvement des charbons et remblais (descenderies, plans inclinés, balances et beurtias).

On s'est préoccupé, pour augmenter le rendement de l'extraction, de réduire au

minimum le temps employé à l'encagement et au décagement des berlines; c'est dans ce but que l'on a cherché à rendre cette manœuvre automatique. Des types de ces installations ont été créés à Anzin et à Dourges. On a modifié aussi la disposition des planches des cages pour faciliter cette manœuvre, comme à Dourges.

Parmi les types des descenderies, il faut signaler l'essai fait aux houillères de Saint-Étienne d'utiliser la descente des remblais, qui s'y fait d'une façon assez intensive, pour la production d'air comprimé. Nous signalons ici seulement le principe de l'installation; des difficultés ont été rencontrées à Saint-Étienne qui pourraient peut-être être évitées dans d'autres cas.

Enfin, nous citerons la balance et le beurtia intérieurs des mines de Lens, intéressants par leurs dispositions pratiques et bien étudiées.

I. TRAVAUX DIVERS.

Application du béton de ciment dans les mines de la Société J. Cockerill, à Seraing.

Parmi diverses applications intéressantes nous citerons les suivantes; elles montrent la souplesse du procédé et mettent en relief les qualités du revêtement en béton :

1° *Revêtement d'un puits* (fig. 90). — Ce revêtement a été effectué en 1899 dans un puits dont la garniture primitive était constituée par des fers en U de 200×20 sur 100×12 cintrés; les cercles complets étaient composés de quatre segments réunis par des éclisses en fonte et simples broches; entre la roche et ces cadres se trouvait un garnissage en planches.

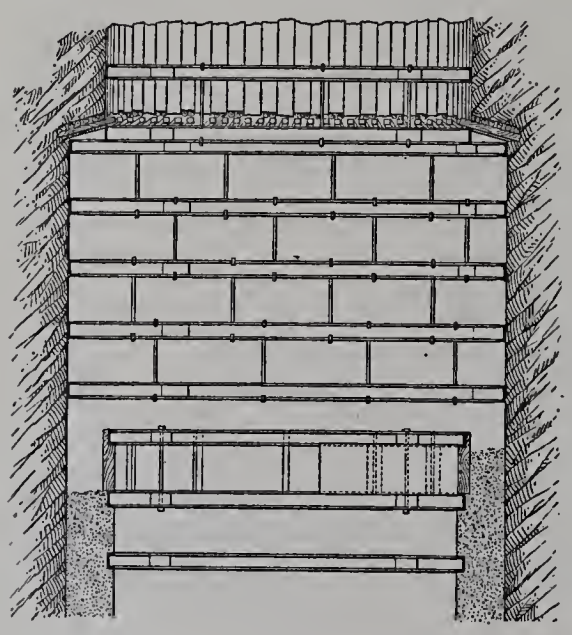


Fig. 90. — Revêtement en béton d'un puits des mines de la Société Cockerill.

Or, dans certaines parties du puits, ce revêtement ne résistait pas; il fut remplacé par de la maçonnerie de briques mais sans succès. La maçonnerie ne résista pas davantage. On revint donc aux cadres de fer, mais les réparations étaient considérables, une partie du puits étant ébranlée par des exploitations voisines. C'est alors qu'on se décida à essayer le revêtement en béton de ciment. Le puits avait 4 m. 50 de diamètre intérieur; il fut élargi à 5 m. 50, le revêtement en béton devant avoir 0 m. 50 d'épaisseur avec cadres semblables à ceux du revêtement primitif, incrustés dans le béton.

Le premier cadre fut placé aussi haut que possible et calé contre la roche par des

coins en bois chassés de bas en haut. Ce cadre était suspendu à l'ancien revêtement. Pour éviter les chutes de pierres provenant du délitement de la partie supérieure de la couronne de 0 m. 50 prise pour élargir le puits, on fit passer des pièces de bois au-dessus du dernier cadre de 4 m. 50 de diamètre. Ces bois étaient encastrés dans les parois élargies.

Le premier cadre de 5 m. 50 étant placé et calé par des coins chassés de bas en haut, les autres se suspendaient au précédent par des crochets en fer, puis étaient coincés de même contre la paroi.

On creusait ainsi une passe de 10 à 20 mètres suivant que les terrains étaient mauvais ou bons, puis commençait le travail du revêtement définif en béton.

Le premier cadre est installé de niveau sur la roche et bien centré. Comme c'est la base de la passe que l'on va bétonner, on l'installe soigneusement, puis on place des portants destinés à recevoir le second cadre. Ces portants sont en bois; la partie supérieure présente une entaille destinée à recevoir le cadre; il y a douze portants par cadre. Pour maintenir la liaison entre les portants et le cadre, on a relié le second cadre au premier par un tirant traversant les éclisses d'assemblage des segments. Quatre tirants maintenaient ainsi le cadre dans l'axe pendant le bétonnage.

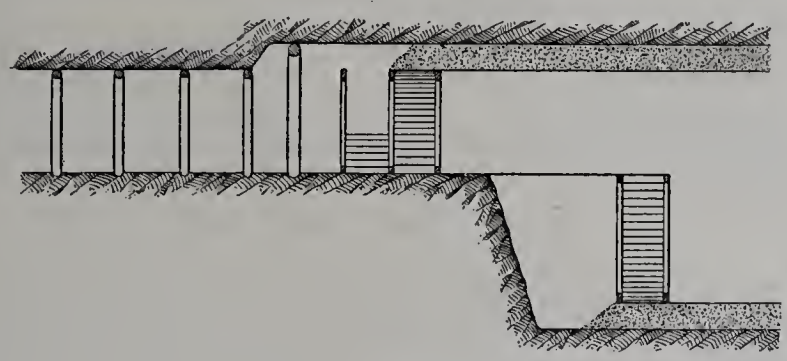


Fig. 91. — Chambre souterraine en béton (mines de la Société Cockerill).

Les coffrages derrière lesquels le bétonnage s'effectuait étaient formés de douze tôles de 0 m. 60 de hauteur, cintrées et fixées par des vis à bois aux portants des cadres, ayant ainsi un montage et un démontage faciles et simples.

Le béton était coulé derrière ces cintres et damé fortement pour le faire entrer bien complètement dans les anfractuosités de la roche.

Le béton était descendu tout fait dans des wagonnets. (Nous rappelons que le puits était en service et muni de son guidage intérieur.)

Le prix de revient du béton en place était de 15 francs le mètre cube. Jusqu'ici ce revêtement a parfaitement résisté là où tous les autres avaient échoué, et demandaient des réparations continuelles.

2° *Chambre souterraine pour machine d'épuisement* (fig. 91). — Un revêtement analogue avait été appliqué en 1895 à une chambre de machine d'épuisement cylindrique de 3 m. 46 de diamètre; l'épaisseur du revêtement est la même (0 m. 50). Ce revêtement avait résisté sans la moindre fissure.

En 1898-1899 on fit de nouveau une chambre pour une machine d'épuisement hydraulique. (Dimensions : 4 m. 50 de diamètre intérieur et même revêtement.)

Dans ce but on a creusé en premier lieu la demi-section supérieure de la chambre dans toute sa longueur, en faisant une galerie ordinaire dans l'axe et l'élargissant ensuite; les terrains étaient maintenus par un revêtement ordinaire.

Les cintres mobiles servant au bétonnage étaient en pièces de bois de sapin, assemblées au moyen de vis pour en permettre facilement le démontage. Ils étaient écartés de 1 mètre et réunis par des couchis en sapin de 20 millimètres.

Le béton était coulé entre le cintre et la paroi, puis pilonné d'abord verticalement; à l'approche de la voûte, on devait faire le damage horizontalement : c'est la seule partie difficile du travail. Il faut damer jusqu'à ce que le ciment commence à faire prise.

Dès que le revêtement de la voûte a été complètement terminé on creusa la partie inférieure, en laissant des consoles pour maintenir la voûte de béton; les mêmes cintres qui avaient servi pour la voûte ont été retournés pour servir à faire le revêtement du radier.

Le pilonnage se fait ici verticalement aussi haut que possible, puis horizontalement à la jonction, comme pour la clé de voûte.

Fig. 92. — Serrement en béton (mines de la Société Cockerill).

Le prix de revient du mètre cube de béton mis en place a été de 10 fr. 70. La différence avec celui du revêtement de puits est causée par la main-d'œuvre qui exigeait pour le revêtement du puits des ouvriers à salaires élevés.

3° *Serrements* (fig. 92). — Des serrements effectués en béton ont été parfaitement réussis et sont d'une solidité remarquable.

Ces serrements ont été faits à 160 mètres de profondeur et par suite devaient résister à une pression de 16 atmosphères.

La formule donne pour l'épaisseur :

$$e = R\left[\sqrt{\frac{T-1}{T-1-2N}} - 1\right]$$

dans laquelle :

T = tension admise par centimètre carré;
N = nombre d'atmosphères de pression.

En admettant : T = 33 kilogr. pour la pression maxima pour le béton, R = 4 mètres, on trouve C = 2 m. 80.

Comme les terrains étaient défectueux on a pris 5 mètres pour épaisseur du serrement.

Ce serrement avait la forme d'une pyramide tronquée. La partie devant recevoir la pression était un mur en brique qui servit à maintenir le béton au commencement du travail.

Le damage contre les parois doit se faire avec énergie et lentement, pour que le béton épouse complètement le vide et que le joint entre la roche et le béton soit bien étanche. Trois semaines après que le travail fut terminé, la pression d'eau fut admise sur le serrement; elle s'est élevée à 8 atmosphères et, depuis lors, est restée stationnaire, sans que ni le serrement, ni le joint entre le béton et la roche ne laissent passer d'eau.

Le prix de revient du mètre cube de béton mis en place s'est élevé à 12 francs. Ce prix est supérieur à celui de la chambre de machine parce que l'emplacement du serrement est plus éloigné du puits et que le pilonnage est plus lent.

Conduites d'air. — Le béton a permis aussi de faire les revêtements de conduites d'air partant d'un ventilateur et passant d'une section circulaire à une section rectangulaire, cette dernière partie étant inclinée à 45 degrés sur l'autre. Les changements de direction et de section s'effectuaient très progressivement pour éviter les remous de l'air.

Ce canal a été fait avec une suite de gabarits distants de 0 m. 52 et réunis par des couchis de sapin. Le travail s'est fait très facilement et très rapidement.

Nature du béton de ciment. — Le béton de ciment employé était formé de laitiers d'affinage concassés et de mortier.

Ce mortier comprenait des laitiers granulés, de la chaux hydraulique (dans la proportion en volume de 5 à 1) et du ciment de laitier. Sa préparation se fait au broyeur.

Le ciment de laitier est composé d'environ 75 p. 100 de laitier granulé et de 25 p. 100 de chaux éteinte (laitiers basiques d'allure chaude).

Le béton employé était un béton gras, compact, sans vide.

En volume on employait :

Laitier granulé	$0^{m3}750$
Chaux hydraulique	0 150

pour 1 mètre cube de béton. Ce volume se réduisait de moitié au broyage.

On avait donc :

Laitier et chaux broyés	$0^{m3}450$
Ciment, 100 kilogrammes	0 100
Laitier concassé	0 800
TOTAL	1 350

qui se réduisait à 1 mètre cube en place.

La pratique aurait montré que ce dosage de 2 de mortiers pour 3 de pierrailles est le plus résistant et qu'il faut au moins 250 kilogrammes de ciment.

La résistance du béton ainsi fait serait supérieure à 300 kilogrammes par centimètre carré.

Approfondissement et revêtement simultanés d'un puits de mine. Revêtement monolithe. (Charbonnages d'Ougrée.)

La Compagnie des charbonnages d'Ougrée a expérimenté une méthode d'approfondissement de puits qui lui a permis d'établir simultanément le revêtement et en même temps d'employer à ce muraillement le béton de ciment.

Les résultats obtenus méritent d'être signalés ainsi que les principes de la méthode.

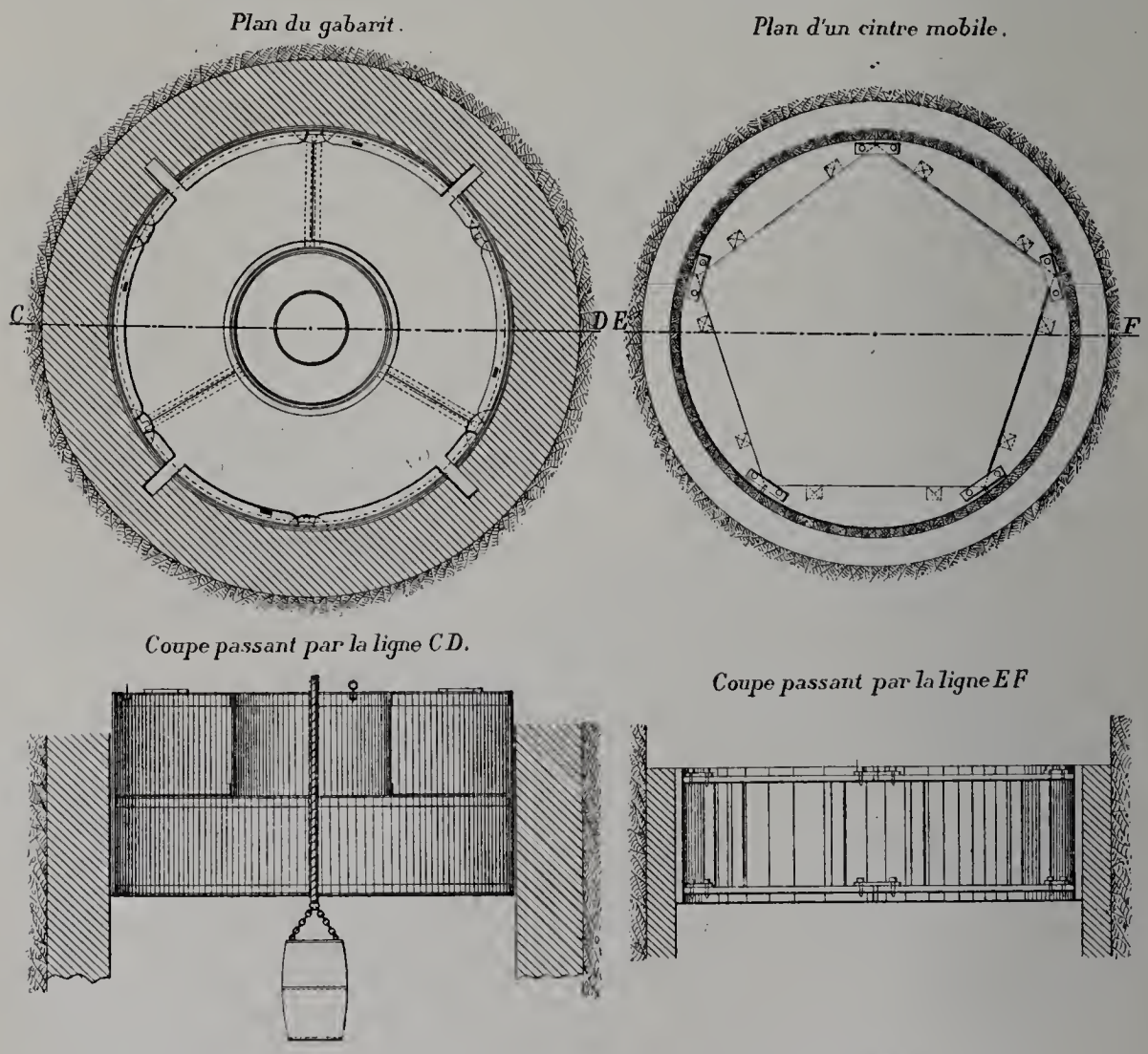


Fig. 93. — Palier-gabarit pour le revêtement d'un puits et cintre mobile (Mines d'Ougrée).

L'ouvrage consistait à approfondir de 100 mètres un puits d'air situé à 20 mètres du puits d'extraction. Les terrains à traverser (fig. 95), connus d'avance, comportaient 50 mètres de terrains réguliers et moyennement résistants, puis au-dessous 50 mètres de terrains de résistance à peu près semblable mais plus dérangés. L'inclinaison des terrains variait de 50 à 75 degrés et on avait à craindre à ce niveau des venues d'eau et d'autres difficultés survenues lors du foncement du puits d'extraction voisin.

Le fonçage fut divisé en deux parties.

Les 50 premiers mètres furent creusés par le procédé ordinaire comportant le creusement, le revêtement provisoire, puis le revêtement définitif en maçonnerie.

Nous passerons sous silence les détails de cette première passe qui ne présente rien de particulier, à part le palier-gabarit en tôle servant à établir la maçonnerie. Ce palier-gabarit (fig. 93) était formé de deux cylindres concentriques en tôle permettant de placer les maçons sur un palier également en tôle, situé sensiblement à mi-hauteur de l'espace annulaire et de faire le service des matériaux du niveau inférieur par le vide central. On évite ainsi toute cause d'accidents pouvant provenir de chute de briques ou des pièces du revêtement provisoire lors de son démontage. Au fur et à mesure du travail, le palier-gabarit est relevé par palans.

Les 50 mètres suivants furent exécutés avec simultanéité complète de creusement et de revêtement. M. Linet, directeur, a adopté le revêtement en béton de ciment, escomptant à juste titre les qualités remarquables de résistance, d'imperméabilité et d'adhérence de ce revêtement.

Le procédé adopté est le suivant (fig. 94 et 95) :

On creuse sans soutènement 3 à 4 mètres de puits, et même plus selon le terrain, puis on installe un cintre mobile, bien de niveau, à 0 m. 30 ou 0 m. 50 de fond sur un léger collet en planches reposant sur trois bois qui divisent le puits en compartiments (échelles et circulation des bennes).

Le cintre mobile (v. fig. 93) a 1 mètre de hauteur et 3 mètres de diamètre extérieur; il est en bois de sapin, formé de 5 segments. Les segments sont formés de planches choisies jointives en bois, clouées sur des madriers horizontaux de 0 m. 04 d'épaisseur. Ce cintre pourrait d'ailleurs être fait en tôle.

La recette était formée de deux paliers ayant chacun deux clapets pour le passage des tonnelets. Le palier supérieur peut tourner par moitié sur charnières, le palier inférieur est fixe. Pour les déblais on se sert du palier supérieur afin de pouvoir verser les pierres directement dans la berline. Pour la descente du béton on fait pivoter le palier supérieur et le chargement se fait du niveau inférieur. On évite ainsi toute perte de temps.

Le béton est préparé au niveau de la recette; il est ensuite descendu dans les bennes qui servent à l'extraction des déblais. Le cabestan les dépose sur un palier volant placé sur le cintre. De là le béton est repris et coulé autour du cintre par couche de 0 m. 30 à 0 m. 35. Chaque couche est pilonnée verticalement par petits coups avec une dame de 10 kilogrammes.

Le premier mètre bétonné, on pose un deuxième cintre et on continue; seulement, pour faciliter le décintrement, on place les bois du support dans des entailles faites aux planches du cadre inférieur.

Au dernier cintre il reste environ 0 m. 15 de vide que l'on remplit très vite et facilement à la truelle en damant horizontalement.

Cette passe bétonnée, on procède au creusement d'une seconde après avoir enlevé l'assise en madrier, ce qui n'a pas d'inconvénient, car la prise est déjà faite et le mono-

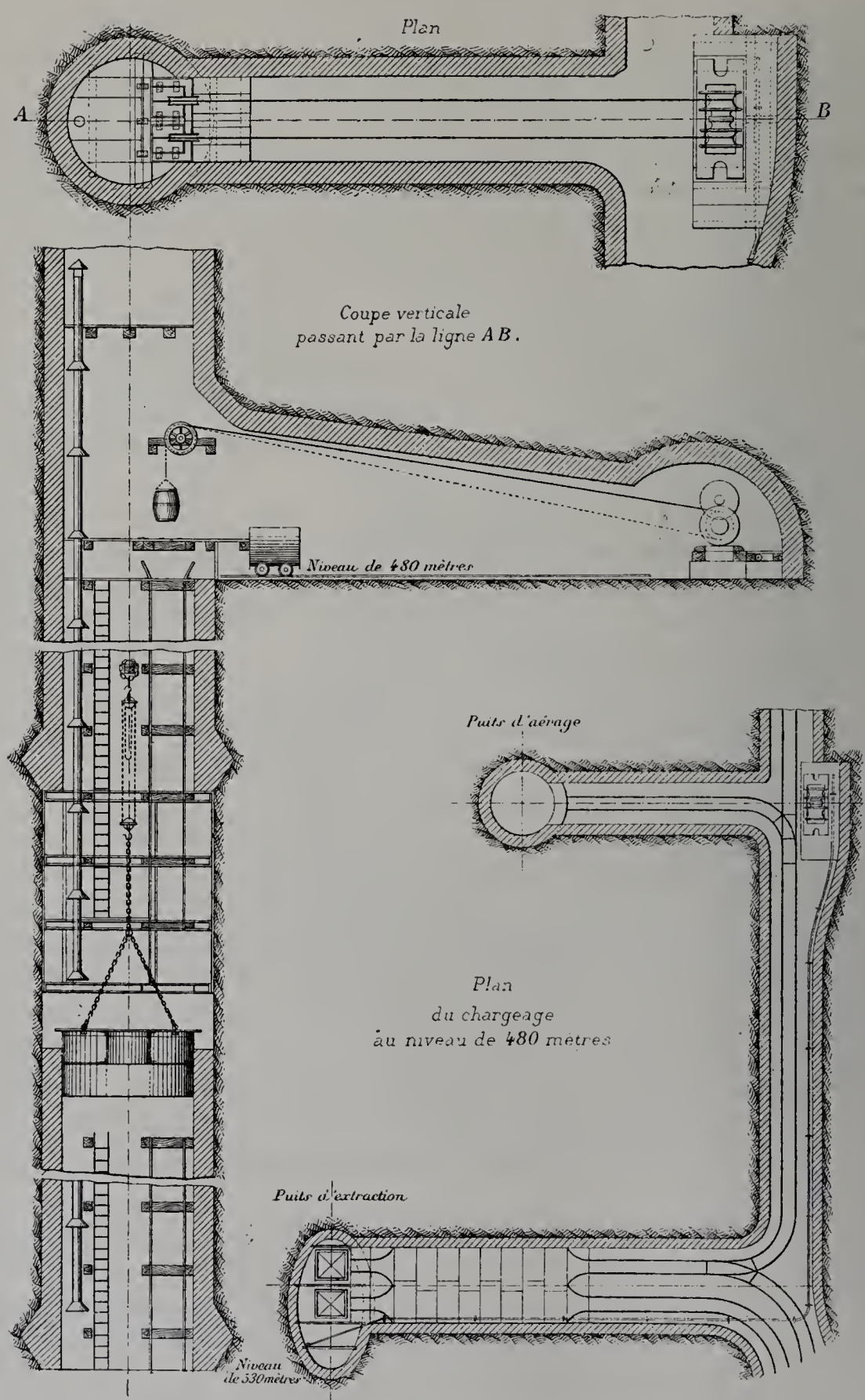


Fig. 94. — Approfondissement et revêtement monolithe simultanés d'un puits en béton.
(Mines d'Ougrée.)

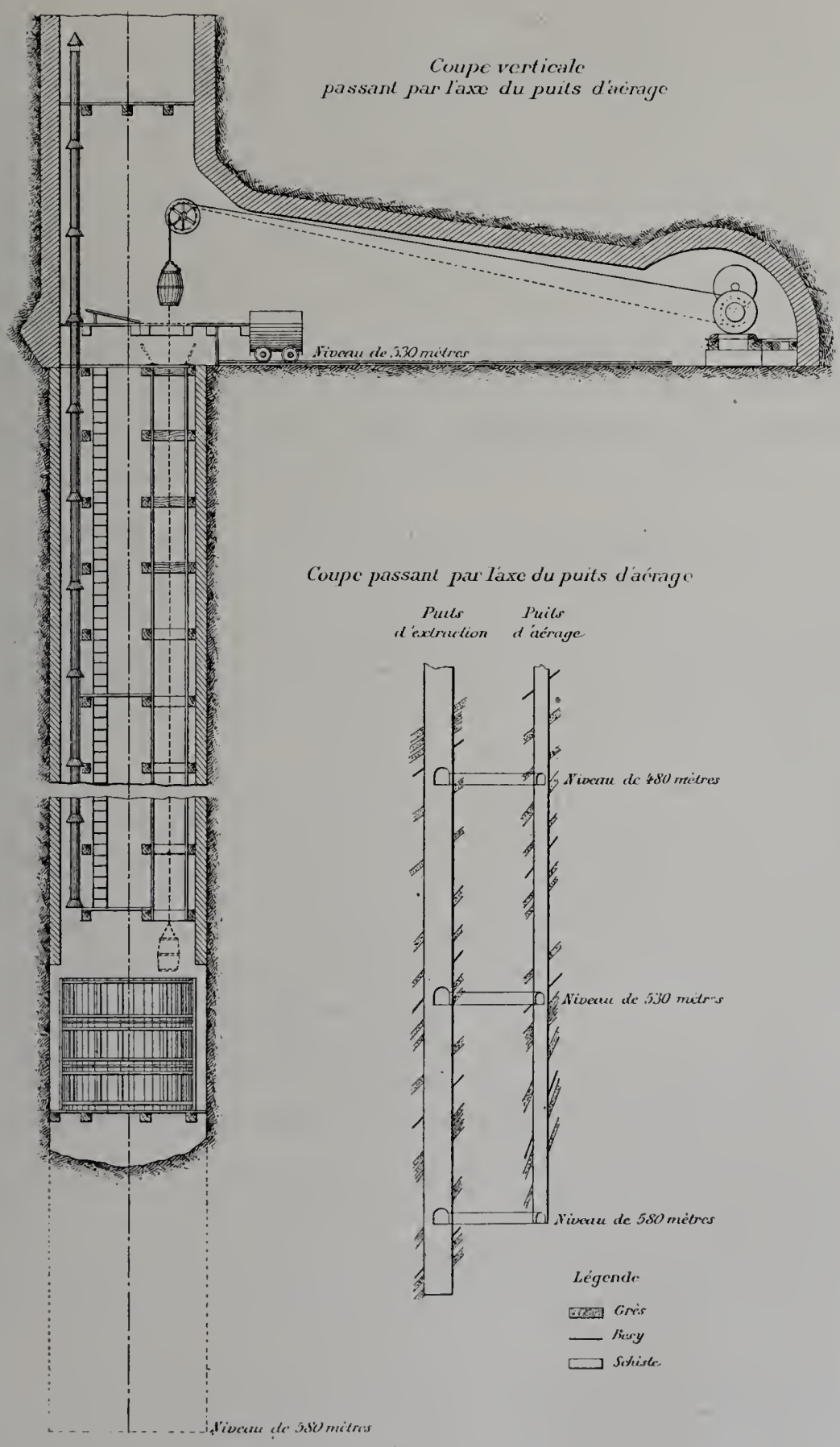


Fig. 95. — Approfondissement et revêtement monolithe simultanés d'un puits en béton. (Mines d'Ougrée.)

lithe a déjà une dureté considérable. Chaque tronçon fait corps avec les parois, dont il remplit toutes les anfractuosités; il reste donc pour ainsi dire suspendu sans danger.

Le ciment employé fut le ciment de laitier. Le béton était formé de mortier (ciment et laitier granulé) et de pierres (morceaux de grès des travers-bancs ou laitier concassé).

Le mortier donnait 20 kilogrammes au bout de six jours sous l'eau.

Dans le cas dont il s'agit, les efforts maximum que devait supporter le revêtement s'élevaient à 19 kilogr. 8 par centimètre carré. Or le béton était capable de 300 kilogrammes (maximum) à la compression, soit, avec un dixième de sécurité, 30 kilogrammes par centimètre carré.

Il est intéressant de noter la comparaison des deux genres de travaux correspondants aux deux périodes de 50 mètres. Elle ressort du tableau suivant :

APPROFONDISSEMENT d'un PUITS DE MINE SUR 100 MÈTRES DE PROFONDEUR DANS LE TERRAIN HOUILLER.	CREUSEMENT ET REVÊTEMENT	
	DES 50 PREMIERS MÈTRES AVEC REVÊTEMENT EN MAÇONNERIE.	simultanés DES 50 DERNIERS MÈTRES AVEC REVÊTEMENT EN BÉTON.
Diamètre du creusement	4^{m} 00	3^{m} 500
Section de creusement	$12^{m2}57$	$9^{m2}62$
Cube de déblais en roche	$12^{m3}570$	$9^{m3}620$
Prix de la main-d'œuvre par mètre courant de creusement	100^{fr} 00	65^{fr} 00
Avancement du creusement par 24 heures	1^{m} 000	1^{m} 350
Épaisseur du revêtement	0^{m} 500	0^{m} 250
Diamètre utile du revêtement	3^{m} 000	3^{m} 000
Cube des matériaux du revêtement	$5^{m3}500$	$2^{m3}550$
Prix par mètre courant des matériaux du revêtement	68^{fr} 75	27^{fr} 67
Avancement du revêtement par 24 heures	2^{m} 000	4^{m} 000
Personnel	Les maçons sont nécessaires.	Les manœuvres suffisent.
Sécurité	Accidents possible par chute de pierres des parois ou par translation des pièces du revêtement provisoire.	Accidents impossibles par chute de pierres ou pièces de revêtement provisoire qui est supprimé.

M. Linet en conclut un avancement de 29 p. 100 plus rapide en faveur du revêtement monolithe, un prix de revient total de 82 p. 100 moins cher et un prix de revient de matériaux de 148 p. 100 plus économique.

Ce travail a fait l'objet d'une communication de M. Linet à la *Revue universelle des Mines*, d'où nous extrayons les renseignements précédents.

Serrement en fonte de la fosse n° 10 des mines de Lens.

La fosse N° 10 des mines de Lens exploite des veines appartenant à la partie la plus inférieure du bassin houiller et voisines, par conséquent du calcaire carbonifère qui

constitue le fond du bassin. Ce calcaire est très aquifère et a donné lieu plusieurs fois à des venues d'eau énormes. Pour empêcher les eaux, qui se feraient issue dans les travaux de la fosse N° 10, d'envahir les autres fosses de la concession, on a disposé sur les galeries de communication trois serrements qui comportent un siège très solide en fonte relié aux parois de la galerie et au rocher par une bonne maçonnerie de briques, béton et ciment; et une porte en acier fondu de grandeur suffisante pour permettre le passage des convois. La porte s'applique sur son siège par l'intermédiaire d'une lame de plomb et d'une feuille en caoutchouc qui assurent l'étanchéité du joint; des boulons permettent d'ailleurs d'obtenir de prime abord un serrage énergique.

L'un de ces serrements, installé à la partie la plus profonde des travaux, a été effectivement essayé à la pression pour laquelle il était construit, soit 250 mètres d'eau ou 25 kilogr. par centimètre carré; il a parfaitement résisté à cette épreuve.

Segment de cuvelage des Mines de Béthune permettant l'écoulement de l'eau pendant la pose du cuvelage.

Les Mines de Béthune ont réalisé une disposition particulière intéressante qui leur a permis, pendant une venue d'eau importante, de placer un cuvelage avec facilité en laissant écouler l'eau, et d'obturer définitivement la venue après la pose complète du cuvelage.

Le cas s'est présenté pendant le fonçage par congélation du puits n° 8 *bis*, par le procédé de congélation «Poetsch». — Après avoir cuvelé la partie congelée, on employa le procédé ordinaire, c'est-à-dire le creusement à niveau vide, et on arriva sans difficulté jusqu'à 60 mètres de profondeur. Mais, à la rencontre du premier banc de meule, c'est-à-dire à 62 m. 50 de profondeur, un trou de mine donna un jet d'eau de 0 m. 40 à 0 m. 60 de hauteur qui obligea les ouvriers à se retirer.

Différents jaugeages accusèrent une venue de 7,400 hectolitres par vingt-quatre heures. Pendant plusieurs jours, on essaya en vain, à l'aide de deux pompes Burton et de paniers d'avaleresse, de battre la venue. On décida alors de monter une pompe d'avaleresse de 0 m. 55 de diamètre, dont la course du piston pouvait atteindre 2 m. 25.

On reprit alors l'enfoncement et la pompe combattit très facilement la venue, jusqu'au moment où l'on découvrit la cavité qui se trouvait dans le banc de meule; on fut alors obligé de faire marcher la pompe avec sa vitesse maxima (11 coups à la minute), le débit était d'environ 8,000 mètres cubes par vingt-quatre heures.

Avec une venue de cette importance, il n'était pas possible de bétonner suffisamment pour protéger un cuvelage en fonte et, dans ces conditions, les travaux du n° 8 pouvaient être rapidement inondés en cas de rupture d'une pièce. Aussi, crut-on prudent de substituer, dans la traversée de cette zone dangereuse, un cuvelage en chêne, de 35 centimètres d'épaisseur, au cuvelage en fonte employé précédemment.

La pression de plus de 6 kilogr. rendait difficile et même dangereuse la pose des pièces

de clef et ne permettait pas de bétonner derrière le revêtement. Pour éviter ces inconvénients, on plaça dans le cuvelage en bois, à l'endroit de la venue d'eau, deux pièces spéciales en fonte (fig. 96), munies chacune d'une soupape permettant de livrer à volonté passage à l'eau.

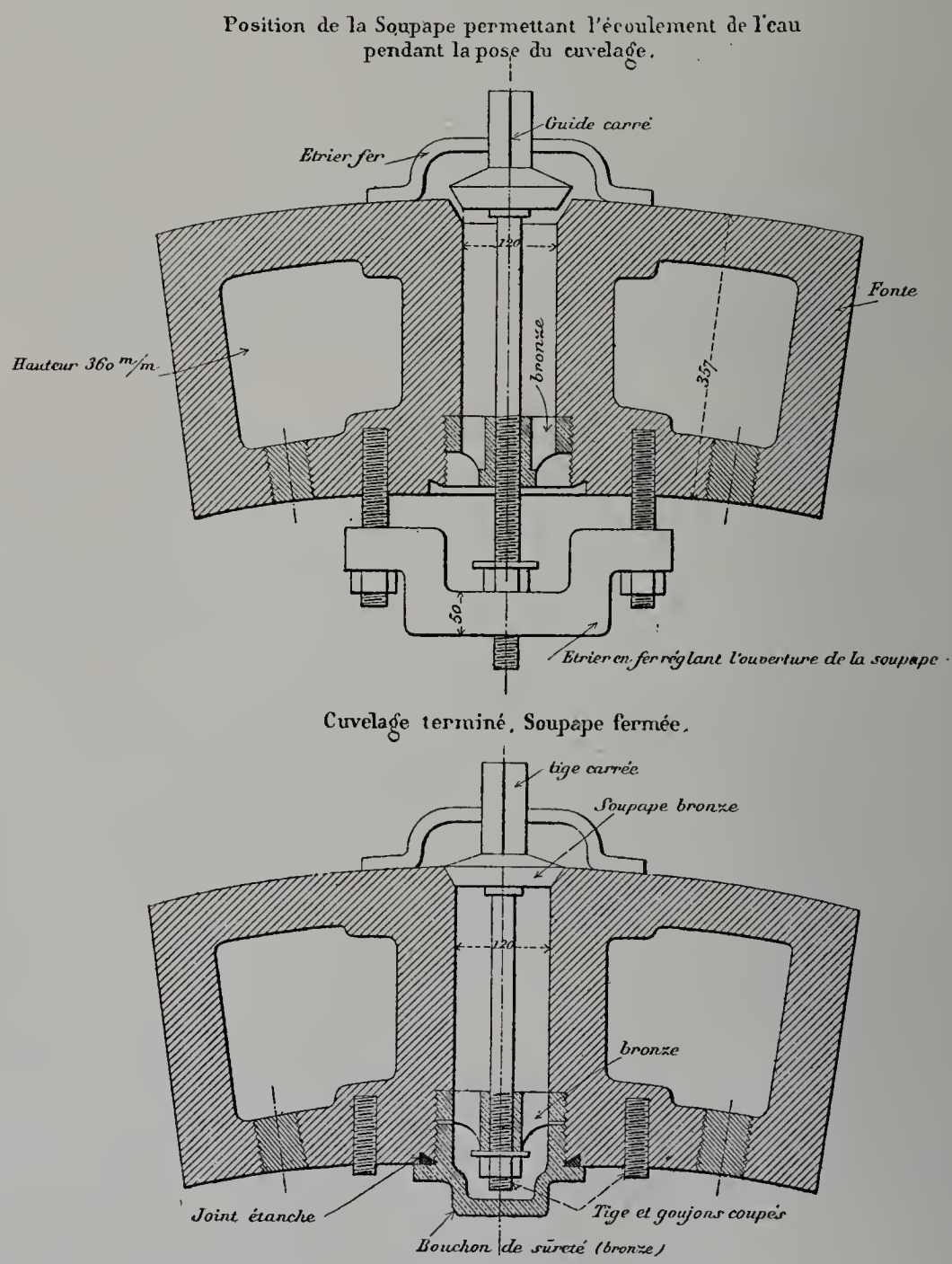


Fig. 96. — Segment pour le cuvelage de la fosse n° 8 *bis* des mines de Béthune.

Ces pièces ont exactement la section horizontale des pièces en chêne et 0 m. 36 de hauteur.

Les croquis ci-contre indiquent comment elles sont constituées et quel est le fonctionnement des soupapes.

Avec cette disposition, la pose du cuvelage se fit sans difficultés et, après un brandissage ordinaire, la retraite fut parfaitement étanche.

En dessous de cette profondeur, on ne rencontre que des terrains peu aquifères, dans lesquels le fonçage s'est fait par les moyens ordinaires.

Reprise de la fosse décuvelée N° 4 aux Mines de Béthune.

La fosse n° 4 des Mines de Béthune avait été ouverte en 1865.

Douze ans après, l'irrégularité de son gisement, l'écoulement alors difficile de son charbon à 16 ou 18 p. 100, une explosion de grisou qui avait causé cinq morts d'hommes, en firent décider l'abandon sans espoir de retour.

On résolut de la désarmer complètement et d'enlever son cuvelage en chêne avec projet de l'utiliser dans le creusement d'un autre puits.

Décuvellement du puits. — Afin d'isoler le terrain houiller de la nappe aquifère des morts terrains, on construisit à 10 mètres au-dessous du cuvelage, c'est-à-dire dans les dièves imperméables, un serrement en briques et ciment dont la forme et les dimensions sont indiquées au dessin ci-joint (fig. 97); au-dessus, on pilonna une couche de 0 m. 50 de dièves pour augmenter encore, si possible, l'étanchéité.

Au lieu d'épuiser les eaux au fur et à mesure du décuvellement, ce qui aurait nécessité l'installation d'avaleresse, on résolut de les évacuer dans les anciens travaux. Pour cela, on plaça au milieu du serrement un tube en fonte de forme conique, qui devait être surmonté au fur et à mesure du décuvellement de tuyaux en fonte de 2 mètres de long et de 0 m. 200 de diamètre.

Après avoir remblayé le puits jusqu'à la base du cuvelage, on entreprit le décuvellement de chaque retraite en commençant par la tête de la retraite inférieure. Le décuvellement d'une retraite achevé, on procédait au remblayage et à la pose du tube central.

Les remblais et le tube central ont été arrêtés à 52 mètres de hauteur.

Après avoir opéré le reste du décuvelage, un tampon en bois, garni de caoutchouc, représenté à la planche annexée, fut descendu dans la colonne pour boucher la base du tube placé dans le serrement. En dessus de ce tampon, on coula du ciment sur 3 mètres de hauteur environ.

On procéda enfin au remblayage complet de la fosse en culbutant les terres de la recette supérieure.

Reprise de la fosse. — La reprise de ce puits fut entreprise en mai 1898. Ce travail comportait le déblaiement du puits sur 107 mètres de hauteur, la pose d'un cuvelage en fonte, la démolition du serrement et l'épuisement des eaux qui devaient remplir les anciens travaux.

La venue d'eau, lors du premier fonçage, ayant été peu considérable, on résolut d'opérer par la méthode à niveau vide. On monta dans ce but une pompe d'avaleresse, dont le cylindre à eau avait 0 m. 45 de diamètre, 1 m. 50 de course et battait 15 coups à la minute.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Le diamètre de la fosse, qui primitivement était de 4 m. 20, fut porté à 4 m. 50 pour mettre à nu le terrain ferme et y coincer les trousses picotées du cuvelage.

Les importantes venues d'eau du début furent passées sans difficultés à l'aide de la pompe et aveuglées rapidement par les premières retraites du cuvelage. La pompe fonctionna bien jusqu'à 45 mètres; passé cette profondeur, on fit de l'eau avec les paniers. Mais, pour monter le cuvelage de la 3e retraite, on dut installer deux petites pompes Burton.

Sondage dans le tube central. — La tête du tube central fut rencontrée à la profondeur de 52 mètres. De crainte que le bouchon, qui, pendant l'approfondissement, devait se trouver progressivement déchargé d'une pression de 93 mètres d'eau, ne vînt à céder sous la pression des gaz irrespirables et grisouteux acccumulés sous le serrement, on résolut, avant de continuer le fonçage, de percer ce bouchon par un sondage effectué dans le tube central.

On employa le battage à la corde; le tube avait été prolongé jusqu'au niveau du moulinage pour faciliter la manœuvre. On s'assura que le tube ne contenait aucun corps étranger jusqu'au béton; après vingt-cinq jours de battage, le serrement fut traversé, et l'eau s'écoula par le tube pour aller remplir la fosse, ce que l'on reconnut à une baisse du niveau.

Venues d'eau des anciens travaux. — A partir de ce moment surgit une difficulté nouvelle. L'air, emprisonné dans les anciens travaux, était comprimé à des pressions variant de 10 à 30 atmosphères. L'eau contenue dans la fosse et dans le tube central faisait équilibre à ces pressions. Mais, au fur et à mesure de l'approfondissement, on enlevait par tronçons de 2 mètres les tuyaux constituant le tube central. A chaque tronçon retiré, la hauteur de l'eau dans le tube se trouvait brusquement diminuée de 2 mètres, l'air comprimé se détendait et faisait jaillir l'eau hors du tube, jusqu'à ce que l'équilibre fût rétabli. On eut ainsi des jets qui donnaient dans un temps très court des masses d'eau de plus de 100 mètres cubes.

Cette eau arrivait chargée de gaz méphitiques, qu'elle dégageait tumultueusement dans l'avaleresse. On dut à diverses reprises arrêter le travail pour épuiser les eaux, et chasser l'air vicié qu'elles amenaient. Il n'y eut pas toutefois de dégagement de grisou, ainsi qu'on put le constater par de nombreux essais à la lampe Chesneau.

Aérage. — Outre ces invasions de mauvais air, l'augmentation de température causée par les tuyaux de vapeur des pompes Burton, malgré le calorifuge dont on les avait entourées, nécessitait un bon aérage. On installa donc, pour la dernière retraite, des tuyaux elliptiques en tôle, sur lesquels on aspira d'abord par la cheminée des chaudières, puis par un ventilateur «Mortier» de 0 m. 450 × 0 m. 450, mû par une machine à vapeur, et donnant un débit de 1 m. cube 500 à 2 mètres cubes par seconde.

Démolition du serrement. — La base du cuvelage fut établie à 101 m. 25 de profondeur; 6 mètres plus bas, on rencontra la tête du serrement. Mais avant d'en entreprendre la démolition on refit un morceau du muraillement du puits, qui s'était

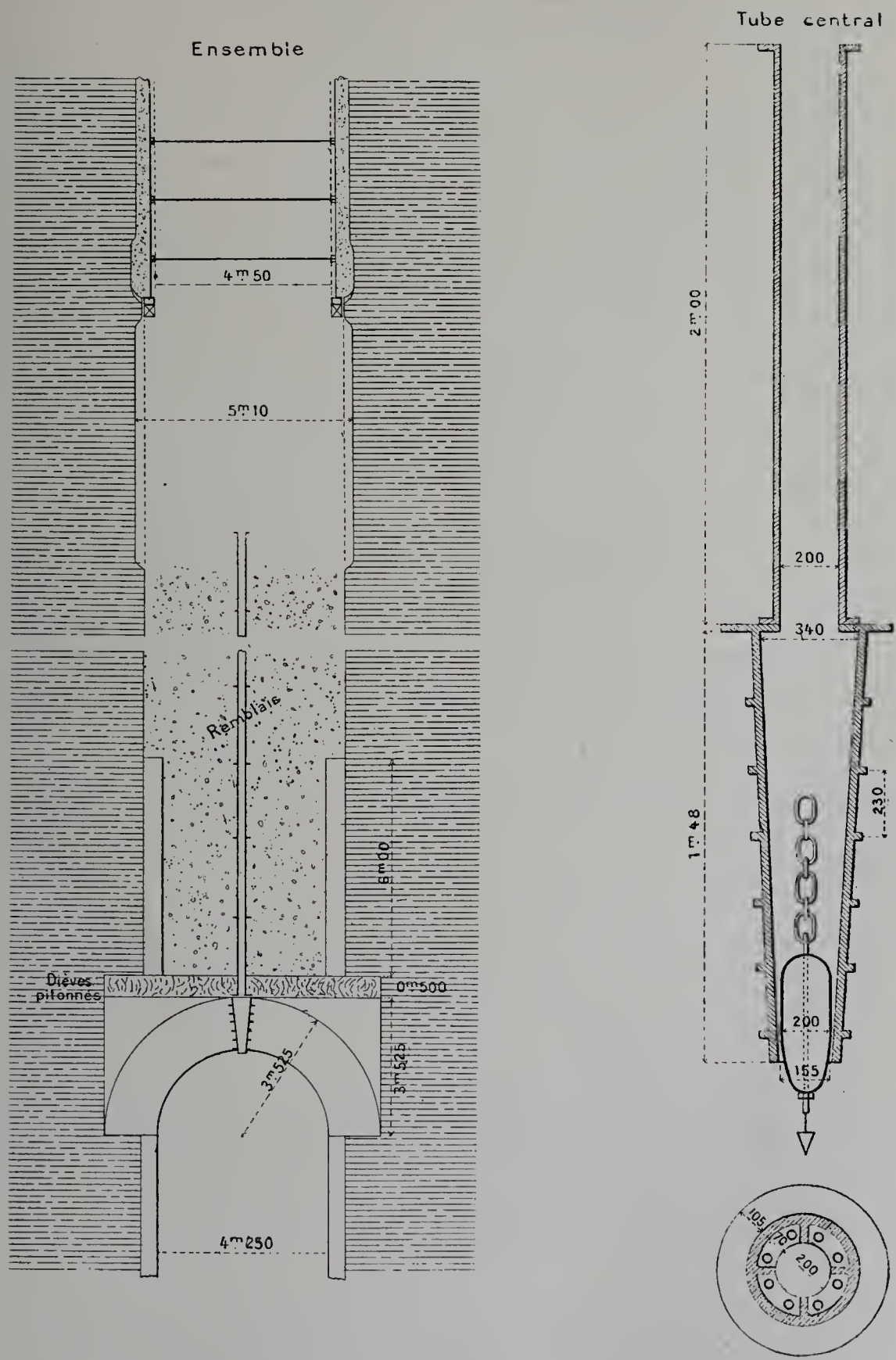


Fig. 97 — Reprise de la fosse n° 4 des mines de Béthune.

affaissé sur la couche des dièves sur une hauteur de 1 m.20, et l'on raccorda par un entonnoir l'ancien puits à la base du nouveau cuvelage.

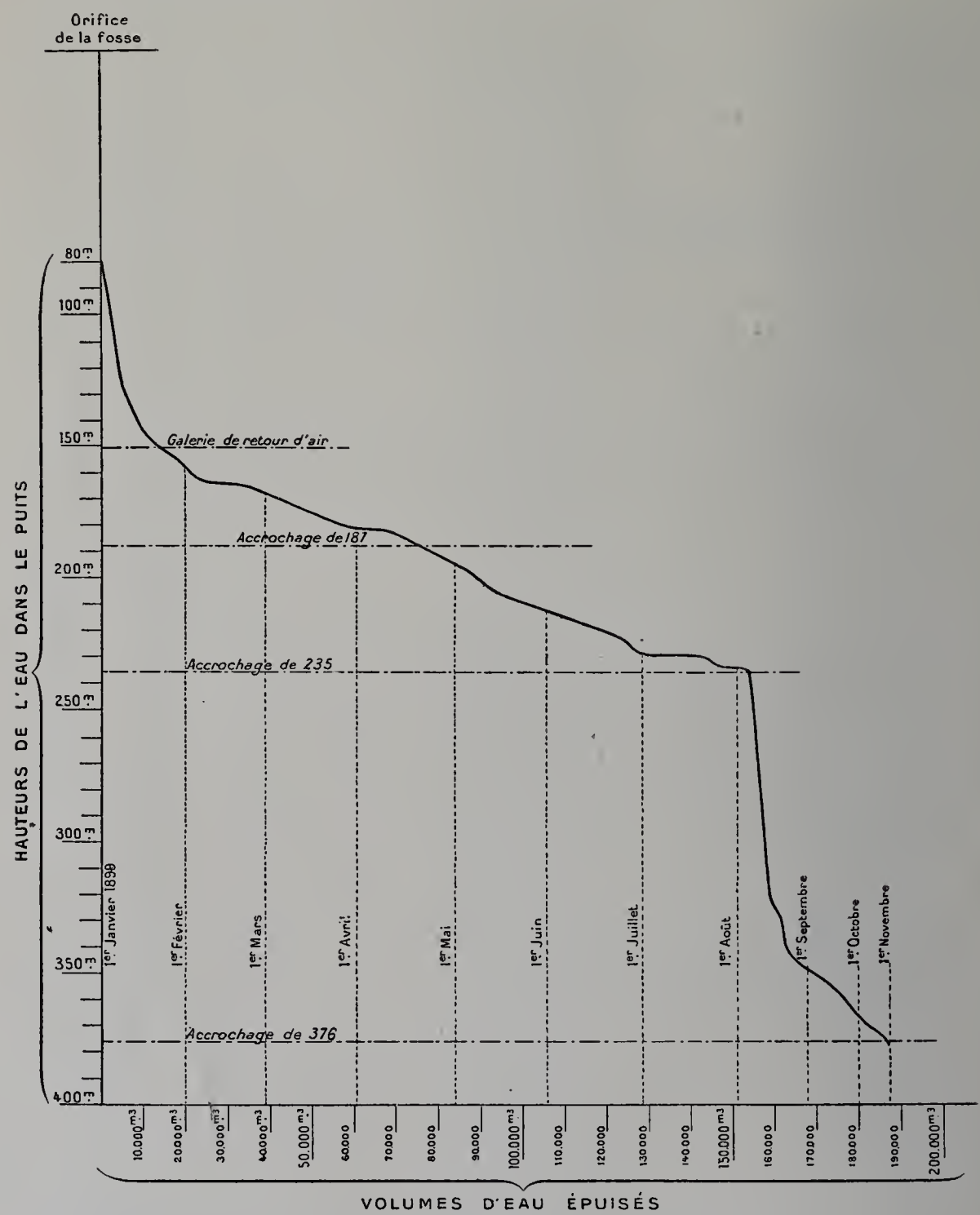


Fig. 98. — Régime de l'épuisement de la fosse n° 8 des mines de Béthune.

Pour démolir le serrement, on commença par dégager le tube central en fonte, puis on élargit le trou au moyen de pics et d'aiguilles infernales jusqu'à l'aplomb des parois maçonnées du puits, et enfin on enleva les sommiers qui supportaient les cintres du serrement.

Pendant le travail, les planchers étaient suspendus par des chaînes à des tiges en fer scellées dans la maçonnerie supérieure.

Le travail fut complètement terminé le 27 novembre 1898.

Épuisement des eaux. — L'épuisement des eaux commença le 1er janvier 1899.

Il fut effectué au moyen de deux paniers en tôle de forme cylindro-conique non guidés, contenant chacun 1 m. cube 500 et manœuvrés par l'ancienne machine d'extraction.

La recette était éclairée à l'électricité. On craignait en effet que l'air des anciens travaux ne s'échappât dans le puits, lorsque la charge d'eau serait insuffisante pour le maintenir. Des expériences, faites à la lampe Chesneau à la base du cuvelage, indiquèrent une teneur en grisou ou autres gaz inflammables qui ne dépassa par 5 millièmes.

Le régime de l'épuisement est indiqué par la courbe annexée (fig. 98) qui donne la variation des hauteurs d'eau dans la fosse, en fonction des volumes épuisés. On remarquera que cette courbe affecte très approximativement la forme de la courbe représentative de la détente d'une masse d'air comprimé.

Les brusques variations d'inclinaison correspondent aux points (accrochages et autres) où par suite de la communication du puits avec une portion quelconque des anciens travaux une partie de la masse d'air se trouvait en communication avec l'atmosphère.

L'épuisement fut terminé le 18 novembre 1899; on était arrivé à 379 mètres de profondeur et on avait retiré 186,500 mètres cubes d'eau.

Si l'on admet que la courbe d'épuisement représente les courbes de détente isothermique, le calcul montre que l'air comprimé dans les travaux occupait au commencement de l'exhaure un volume de 11,000 mètres cubes. Déduction faite de l'eau contenue dans la colonne du puits, l'eau extraite des travaux a été de 182,500 mètres cubes; le vide total laissé par les galeries au rocher et les travaux d'exploitation était de 193,000 mètres cubes.

Le n° 4, avant sa réouverture, avait extrait 240,000 tonnes de charbon correspondant à un vide de 190,000 mètres cubes et 132,000 mètres cubes de déblais correspondant à 95,000 mètres cubes de terres en place, soit au total 285,000 mètres cubes.

Les foisonnements ont donc réduit le vide creusé de 285,000 mètres cubes à 193,000 mètres cubes, soit de 92,000 mètres cubes ou, en chiffres ronds, de 30 p. 100.

Mode de fonçage du puits d'aérage du siège Sainte-Barbe (Charbonnages de Ressaix, Leval, Péronne et Sainte-Aldegonde).

Un procédé intéressant a été employé au siège Sainte-Barbe pour la traversée des morts-terrains d'un puits d'aérage situé à 19 m. 50 du puits d'extraction (d'axe en axe). Les morts-terrains à cet endroit avaient 88 mètres d'épaisseur, dont 53 de terrains aquifères.

Le foncement et le revêtement en maçonnerie furent faits d'abord jusqu'à la naissance des terrains aquifères, soit à une profondeur de 35 mètres (diamètre du puits : 3 m. 15 sans les parties muraillées, 3 mètres dans les parties cuvelées).

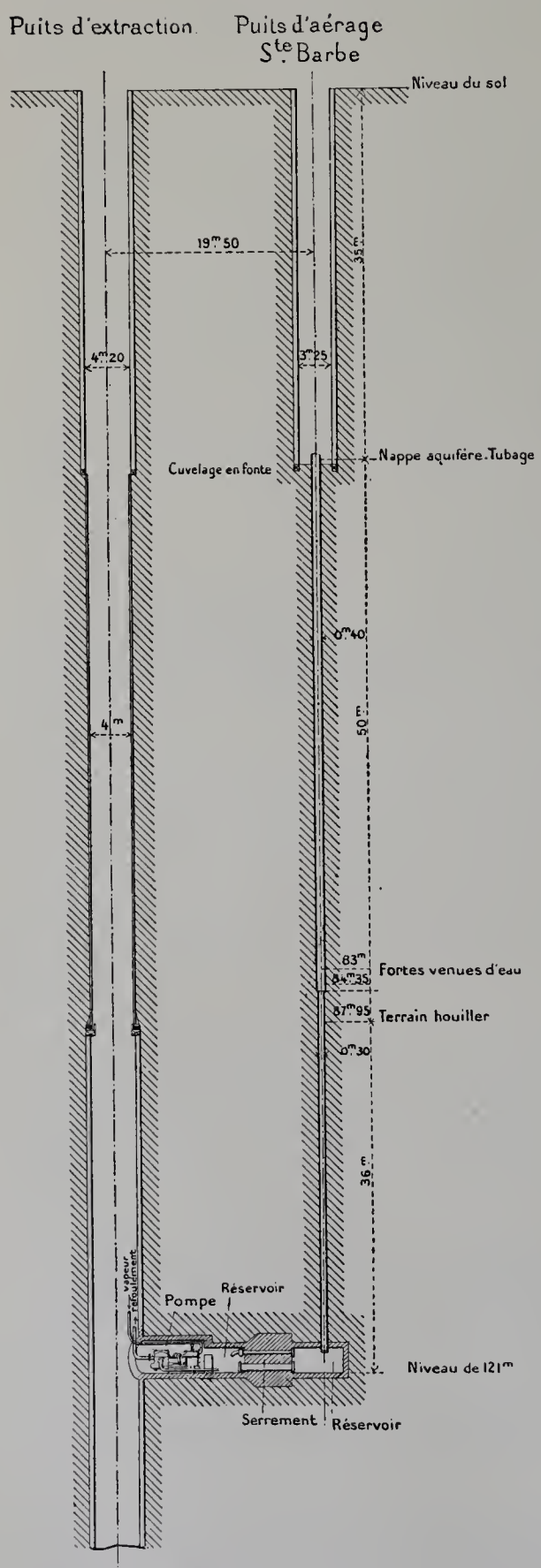


Fig. 99. — Mode de fonçage du puits d'aérage du siège Sainte-Barbe.

A partir de ce moment le fonçage se continua à niveau vide jusque dans le terrain houiller par le procédé suivant (fig. 99) :

Dans le puits d'extraction, à 33 mètres au-dessous des morts-terrains (niveau 131) on creusa une galerie jusque dans l'axe du puits à foncer.

Vers son milieu, cette galerie fut fermée par un serrement en maçonnerie laissant passer deux tuyaux de fonte, l'un de 0 m. 60 à la base, l'autre de 0 m. 15 à la partie supérieure, ce dernier muni d'un robinet : le premier permettant éventuellement l'accès derrière le serrement; le second devant servir à l'écoulement des eaux dans un bassin de décantation placé devant le serrement. Devant ce bassin, on élargit la galerie pour y établir deux pompes à vapeur (Otto Schwade, à condensation) capables chacune de 60 mètres cubes à l'heure, avec refoulement à la surface.

En même temps, on établit dans le puits en foncement un sondage dans l'axe, qui fut poussé, à travers les morts-terrains et le terrain houiller, jusque dans la chambre située derrière le serrement. Ce forage avait 0 m. 40 jusqu'à 0 m. 85 de profondeur, et 0 m. 30 au delà. Il fut tubé sur toute sa hauteur.

Les eaux des morts-terrains pénétrant par ce tube remplirent la chambre inférieure.

On mit alors en marche les pompes et le fonçage du puits fut recommencé et continué à niveau vide jusqu'à la profondeur de 93 mètres où fut établie la base du cuvelage; pendant ces travaux les eaux s'écoulèrent par le trou de sonde et furent épuisées par les pompes.

Quelques arrêts eurent lieu cependant, causés par l'engorgement des soupapes par les sables entraînés, le bassin de décantation n'ayant pas été établi suffisamment grand pour que le dépôt des sables se fît convenablement.

Les venues d'eau qui étaient au début de 15 mètres cubes à l'heure s'élevèrent ensuite à 50 mètres cubes. Une seule pompe a suffi, l'autre servant de réserve.

Le cuvelage établi dans ce puits est en fonte et a 3 mètres de diamètre intérieur. Il se compose de tronçons de 1 mètre de hauteur à 6 segments. L'épaisseur varie de 25 millimètres (à la tête du cuvelage) à 35 millimètres (à la base).

Le fonçage commencé le 1er juillet 1899, à travers les terrains aquifères, arriva le 22 octobre suivant à 93 mètres dans un banc de grès qui servit d'assise au cuvelage.

L'avancement journalier a été de 0 m. 60.

La pose du cuvelage dura du 23 octobre au 3 décembre suivant.

Sans entrer dans les détails des frais divers, il est à noter que le coût moyen du mètre courant de puits cuvelé est de 1,600 francs.

Le puits d'extraction creusé dix ans avant par le procédé Chaudron (diamètre : 3 m. 80) était revenu à 2,500 francs le mètre courant, malgré la main-d'œuvre et les matériaux moins coûteux à cette époque.

Cette méthode de fonçage d'un puits annexe est intéressante. Elle peut rendre de grands services dans certains cas.

II. INSTALLATIONS INTÉRIEURES.

Guidage par longrines éclissées des mines de Montrambert pour compenser les effets de tassement des puits.

Par suite du défaut de cohésion du terrain houiller ébranlé par l'exploitation des couches puissantes, les colonnes de puits ne tardent pas à se déformer malgré les piliers de protection conservés dans leur voisinage.

Pour éviter les désordres qui peuvent se produire par suite de ce mouvement dans le guidage et pour faciliter les réparations, on a réuni les guides bout à bout par des éclisses en fer qui leur permettent un certain déplacement dans le sens vertical.

A cet effet (fig. 100), l'assemblage a été reporté au milieu de l'intervalle des traverses.

Les extrémités des guides, coupées horizontalement et laissant entre elles 1 centimètre de jeu, sont assujetties dans une gouttière en tôle à l'aide de quatre boulons. Les trous des boulons dans la tôle sont allongés de façon à permettre le glissement longitudinal.

Lorsque, à la suite d'un glissement, les guides viennent à s'arc-bouter, on enlève momentanément l'éclisse et à l'aide d'un trait de scie on rétablit le jeu initial. Les guides sont en chêne et ont 4 m. 80 de longueur sur 0 m. 15 à 0 m. 18 d'équarrissage. Ils sont fixés sur trois traverses espacées de 1 m. 60 d'axe en axe.

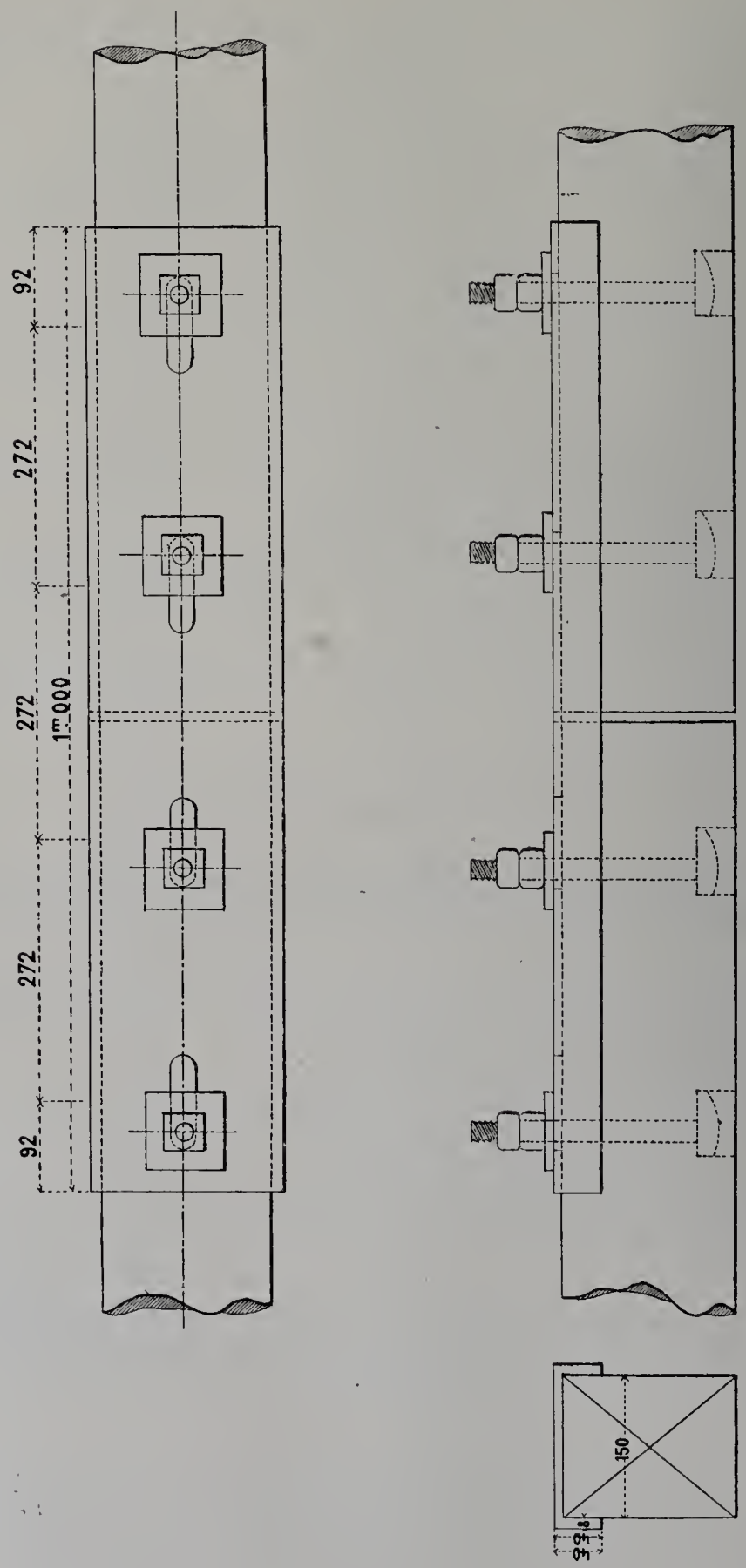


Fig. 100. — Guidage par longrines éclissées.
(Mines de Montrambert.)

Encagement et décagement des mines d'Anzin (fosse d'Arenberg). Taquets hydrauliques.

Pour obtenir une grande intensité d'extraction à la fosse d'Arenberg, on a organisé les recettes de façon à opérer l'encagement et le décagement automatique des berlines; de la sorte les mouvements qui en résultent ont une durée réduite au minimum.

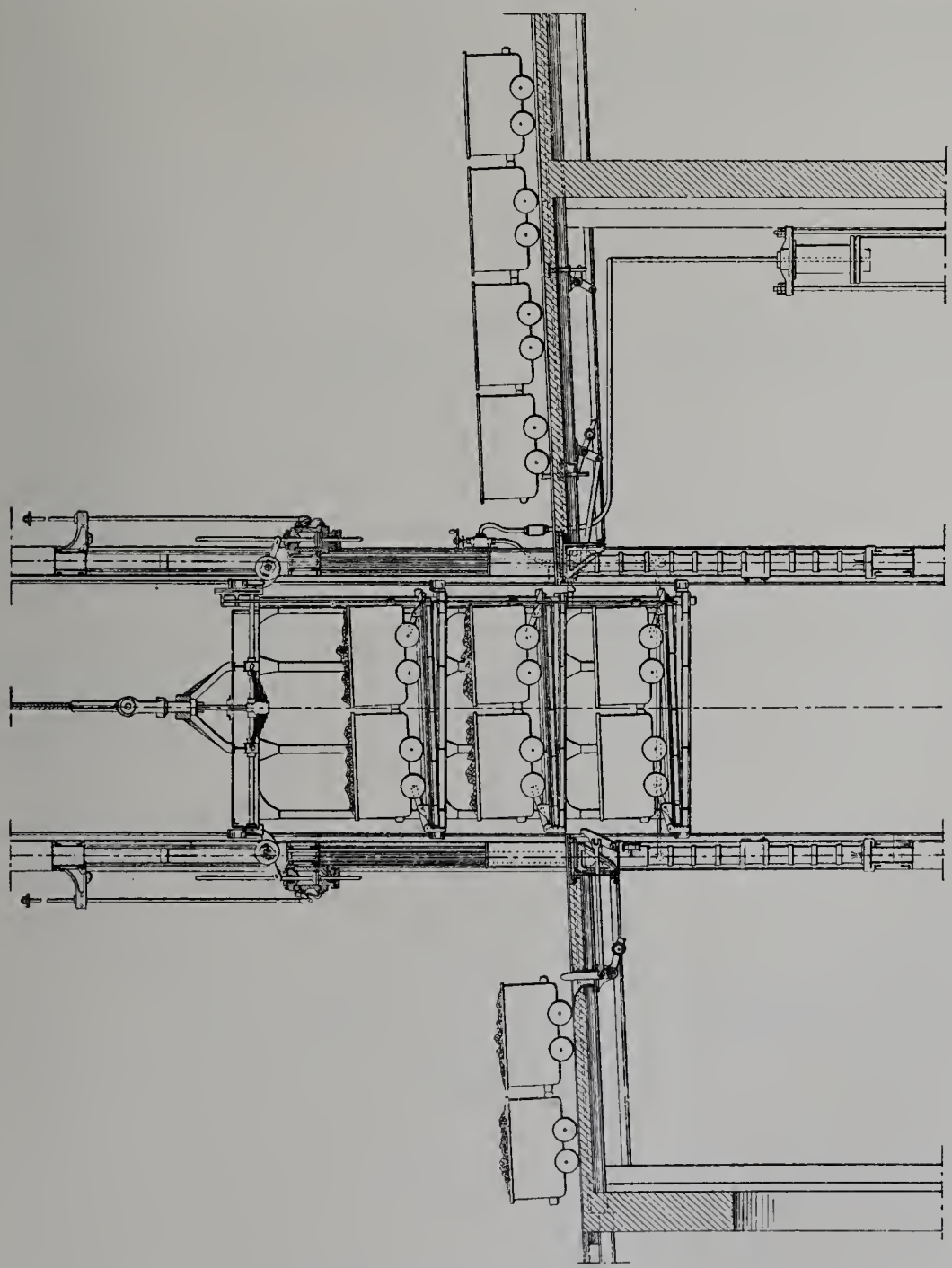


Fig. 101. — Encagement et décagement automatique des mines d'Anzin.
Manœuvre des taquets hydrauliques à la recette supérieure.

Pour réaliser le mouvement automatique des berlines on a eu recours à la gravité. (Voir fig. 101 et 102.)

A cet effet les planchers des cages (système Malissard-Taza) sont mobiles à l'une de

leurs extrémités. A l'autre ils sont reliés ensemble par des tiges métalliques aboutissant à une traverse mobile reposant en temps normal sur le toit de la cage. Cette traverse possède un certain jeu et porte les butées des taquets hydrauliques de ce côté.

Lorsque la cage circule dans le puits, les planchers sont horizontaux; lorsqu'elle arrive au jour et se repose sur les taquets, les butées de la traverse cèdent sous la réaction des taquets et la traverse est soulevée en même temps que les planchers qui en dépendent. Ceux-ci prennent donc une forte inclinaison; mais les berlines ne peuvent sortir, car elles sont encore maintenues par leurs arrêts (N° 1, fig. 102). Au moment où le cadre de la cage repose complètement sur les taquets, le décagement s'opère automatiquement. En effet, l'arrêt de berline placé du côté du décagement porte un contrepoids guidé qui vient reposer sur un petit taquet de décagement placé près du plancher de recette; ce contrepoids se soulève, l'arrêt de berline s'efface (N° 2, fig. 102) et les deux berlines roulent sur le plancher incliné en sortant de la cage. Ces deux berlines viennent alors buter (N° 3, fig. 102) contre un petit levier qui efface le taquet de dégagement; l'arrêt de berline reprend sa position normale et retient les berlines vides qui sont entrées dans la cage. Ces dernières sont arrivées de la façon suivante : avant l'arrivée de la cage elles étaient maintenues par un arrêt placé près de la recette; en arrivant au niveau de la recette la cage a effacé le taquet d'encagement placé en amont (N° 2, fig. 102); l'arrêt s'effaçant, les cages sont entrées seules, deux par deux, un second arrêt venant alors arrêter les autres berlines vides. En entrant dans la cage, les quatre berlines ont abaissé l'arrêt de berline d'amont qui s'est refermé ensuite par son propre poids.

Ainsi au moment où la cage est venue reposer sur les taquets hydrauliques (fig. 101), les quatre berlines pleines contenues dans l'étage inférieur de la cage sont donc sorties et ont été automatiquement remplacées par les berlines vides. A ce moment le moulineur ouvre le robinet des taquets hydrauliques; la cage descend et abandonne le levier de manœuvre des taquets d'encagement (N° 4, fig. 102); un contrepoids ramène aussitôt ces taquets dans leur position primitive et, sur chaque voie, deux berlines vides viennent s'écluser entre les deux taquets. Le second châssis arrivant au niveau de la recette, on ferme le robinet des taquets hydrauliques et le même jeu des mêmes organes provoque le décagement des quatre berlines pleines et l'encagement de quatre berlines vides. La même opération se répète pour le dernier étage.

Un homme suffit en général pour ces manœuvres et le décagement des trois étages prend en moyenne 20 à 25 secondes. Un gamin aide le même ouvrier à disposer sur les voies douze berlines vides, pendant le voyage de la cage dans le puits.

Les taquets hydrauliques du jour, après le départ de la cage, remontent à leur première position sous l'action d'un accumulateur qui s'est chargé pendant que les taquets descendaient sous le poids de la cage.

Les fuites qui pourraient se produire sont compensées par une pompe à main. En hiver, pour éviter les effets de la gelée, on injecte dans l'accumulateur une solution à 25 p. 100 de chlorure de calcium qui ne gèle pas sous le climat de la région du Nord.

Les corbeaux des taquets sont maintenus en position par une cataracte dont l'orifice est fermé tant que les trois étages ne sont pas décagés. Dès que l'opération du décagement est terminée, on ouvre une troisième fois le robinet des taquets hydrauliques, la cage descend encore un peu, le pointeau de fermeture de la cataracte s'efface et les

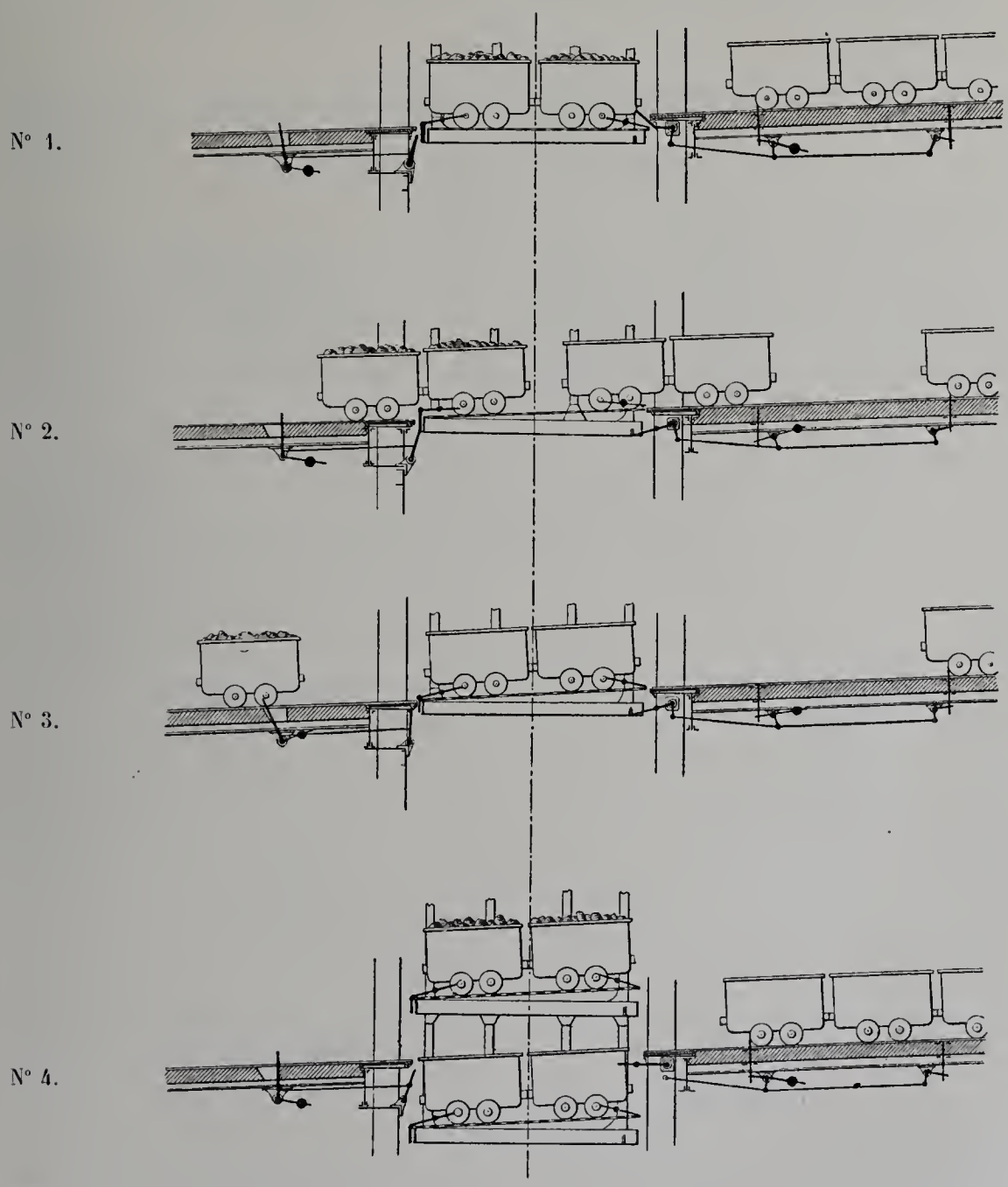


Fig. 102. — Encagement et décagement automatique des berlines de la fosse d'Arenberg (mines d'Anzin). — Manœuvres des berlines.

corbeaux peuvent à leur tour s'effacer; les trois planchers reprennent doucement leur horizontalité et la cage est de nouveau suspendue au câble.

Toute la manœuvre au jour se fait donc sans le secours du mécanicien et de la machine d'extraction.

Il y a donc économie de temps, de manœuvre et de vapeur, et une plus grande précision dans les mouvements.

La translation des ouvriers se fait en retirant les berlines et fermant les étages par portes en tôle amovibles. On peut descendre 52 hommes par cage.

Les cages sont munies du parachute Malissard, dont les griffes agissent sur les rails-guides en acier.

Encagement automatique des berlines à la recette intérieure aux mines de Dourges.

Cette installation est employée à la fosse Boisgelin.

L'encagement automatique des berlines pleines à la recette du fond a été obtenu par un système de verrous qui, abaissés par la cage, permettent aux berlines pleines, disposées près du puits sur des roulages inclinés, de se placer dans la cage en poussant les berlines vides : l'encagement est alors simultané avec le décagement ; l'opération est facile et rapide.

Cette disposition (fig. 103) comprend un arbre *a* autour duquel un levier *b* peut osciller d'un certain angle. A son extrémité, vers le puits, le levier porte dans une fourche un levier *b'* et son autre extrémité un contrepoids *c*. Sur l'arbre *a* est calé un deuxième levier *d* articulé à son extrémité par la bielle *e* à un levier *f* calé lui-même sur un arbre *g*. Sur ce dernier, deux autres leviers sont réunis par les bielles *h* à des verrous *i* et *i'*. Avant que la cage vienne se poser sur les taquets hydrauliques, l'ensemble du dispositif occupe la position indiquée au croquis annexé. Dès que le châssis inférieur de la cage arrive en contact avec le galet *b'* le levier *b* oscille et fait tourner d'un certain angle l'arbre *a* qui actionne le système de leviers énoncé ci-dessus. Pendant cette manœuvre, les verrous *i* se sont effacés et permettent aux deux berlines de se diriger par leur gravité vers la cage. En même temps, les verrous *i'*, qui avaient une position primitive inclinée, se sont placés verticalement et ont retenu les berlines placées en arrière des deux premières, afin que celles-ci ne puissent avancer vers le puits. Le levier *a* ramené dans sa position horizontale, par l'effet du contrepoids, dès que le galet a échappé le châssis de la cage, les verrous *i*, *i'* se remettent dans leur première position, et deux nouvelles berlines peuvent s'écluser, c'est-à-dire se placer entre les verrous d'arrêt *i* et *i'*.

Si, pour une raison quelconque, on préférait éviter la manœuvre automatique de ces arrêts par les cages, il suffirait de supprimer le galet *b*. Dans ce cas, la cage n'exercerait plus d'action sur l'ensemble du système et les manœuvres d'encagement seraient exécutées à la main par un levier L calé sur l'arbre *a*.

Cages à planchers mobiles des mines de Dourges et taquets de la recette du jour.

A la fosse Boisgelin des mines de Dourges, l'extraction se fait au moyen de cages à huit berlines disposées par quatre sur deux étages; pour faciliter le décagement

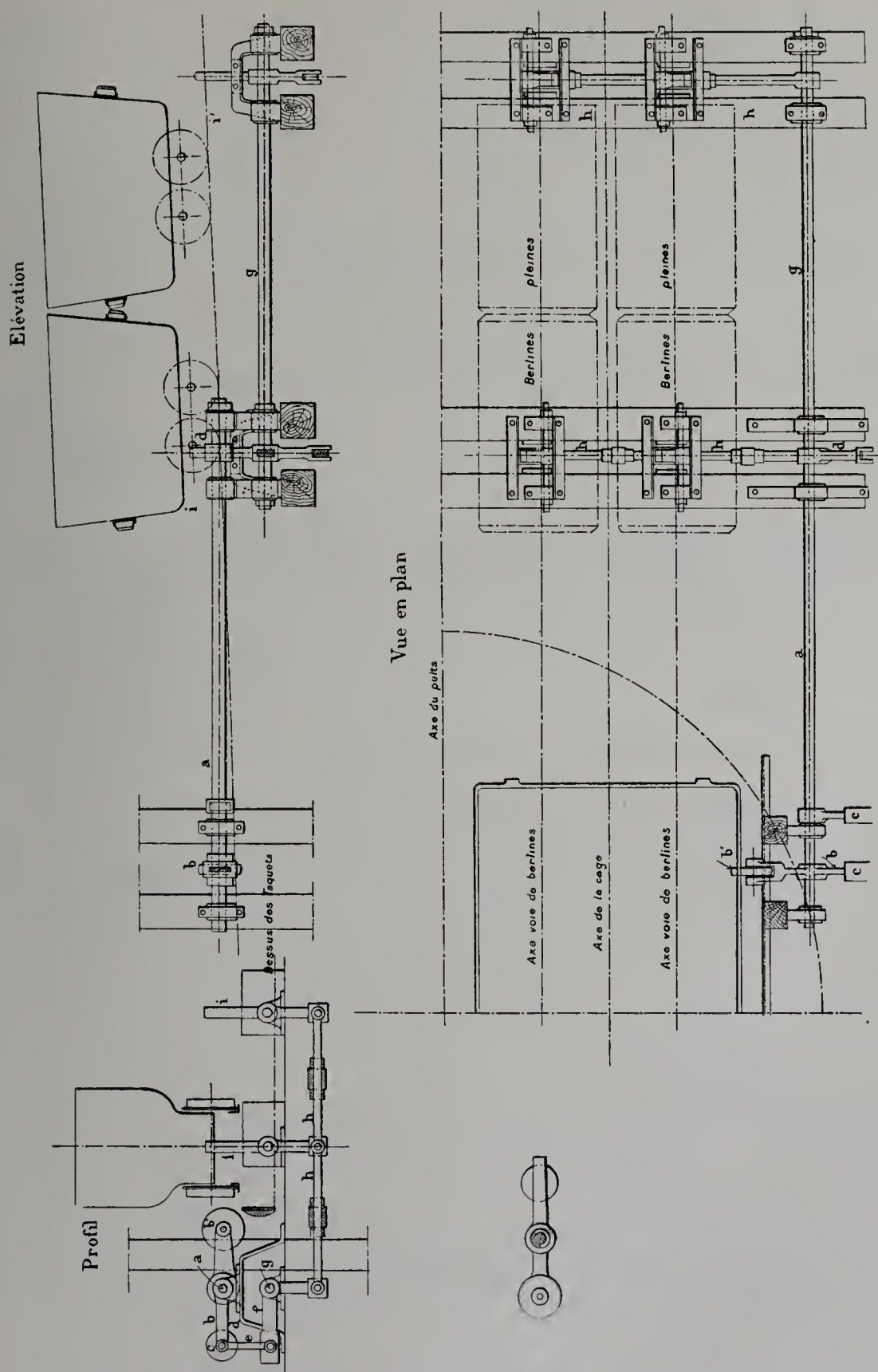


Fig. 103. — Encagement automatique des mines de Dourges. — Recette du fond.

les planchers des cages sont soulevés à l'arrière au moyen de deux tasseaux reposant sur les taquets. Les planchers prennent alors une inclinaison qui permet aux berlines de rouler seules hors de la cage ou, tout au moins, sous un faible effort.

Les taquets spéciaux pour ces fonds ont une certaine élasticité dans le but d'amortir le choc résultant de la pose de butées des planchers mobiles sur leurs taquets ; le dispositif consiste en deux puissants ressorts qui, une fois le choc produit, reprennent leur tension primitive en maintenant le plancher soulevé de leur côté. (Voir fig. 104.)

Deux arbres, *a* et *a'*, placés dans des paliers assemblés sur de forts sommiers *b* et *b'*, portent, le premier, un jeu de taquets à excentrique ordinaire *c* et *c'*, le deuxième *a'* le même jeu de taquets, destinés tous quatre à recevoir le châssis de la cage. Sur l'arbre *a'* sont également calés deux autres taquets *d* et *d'* pour la relevée des planchers mobiles.

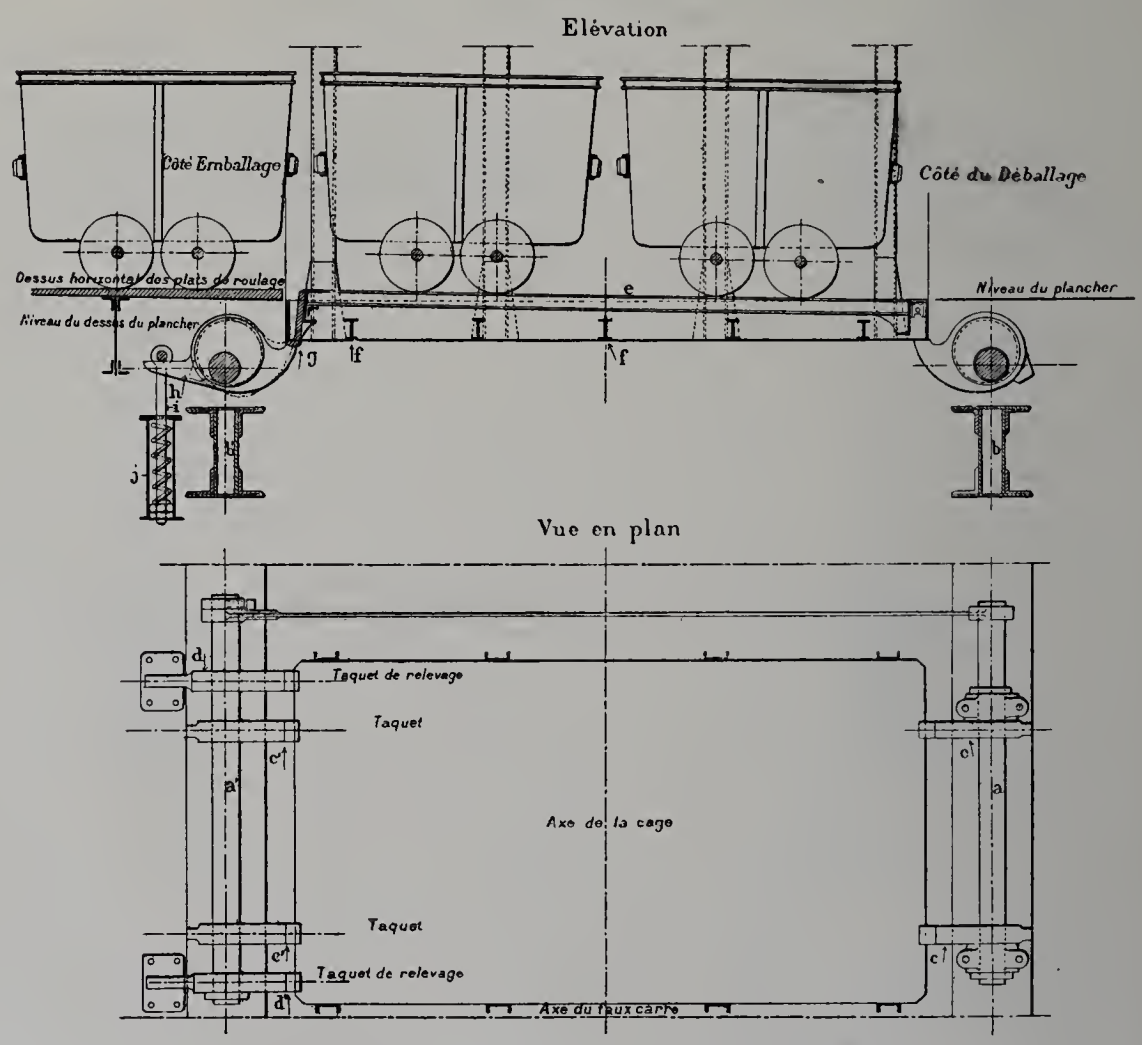


Fig. 104. — Cage à planchers mobiles des mines de Dourges. — Détail des taquets.

Les planchers sont réunis à la cage par de solides charnières en acier coulé; lorsque la cage est suspendue dans le puits, ces planchers reposent sur les entretoises *f*.

Deux tasseaux à talon y sont disposés sur chaque fond mobile à l'opposé des charnières.

Les taquets *d* et *d'* portent chacun un bras *h* venant s'appuyer sur un galet placé à l'intérieur d'une fourche *i*. Dans une boîte *j*, un ressort à boudin exerce sur cette fourche une pression telle que le plancher est maintenu relevé avec les quatre berlines pleines.

Comme la cage a toujours une certaine vitesse au moment où elle vient se poser sur les taquets, ceux du fond mobile tendront à tourner autour de leur bloc excentré, en comprimant par leur bras *h* les ressorts à boudin, mais, comme il est dit ci-dessus, le choc produit, les ressorts reprennent leur tension primitive, largement suffisante pour maintenir les fonds soulevés.

Avec ce dispositif, il fallait avoir, du côté de l'encagement des vides, un niveau plus élevé que celui du côté de la sortie. On aurait pu y arriver en disposant le plancher de la recette avec une pente suffisante pour obtenir cette différence de niveau. Cette pente aurait été trop grande pour permettre de ramener avec facilité les berlines vides du côté de l'encagement. On a alors donné une faible inclinaison au plancher et disposé sur une certaine longueur des plats de roulage à épaisseur croissante pour les berlines vides.

D'un autre côté ces berlines ne tendent pas à revenir seules, par la gravité, vers le puits.

Nous devons ajouter que les taquets des fonds mobiles, comme ceux de la cage, sont à excentrique et calés sur le même arbre, de sorte que le levier de manœuvre produit l'effacement simultané des deux systèmes de taquets.

Ces cages à planchers mobiles fonctionnent depuis deux ans et n'ont encore nécessité aucune réparation. Elles sont en bon état.

Plan incliné à chariot porteur des mines de Courrières.

Le plan incliné est formé de deux voies ferrées ayant le même axe; la voie intérieure sert au roulement du contrepoids et a 0 m. 47 de largeur; la voie extérieure dirige le chariot porteur et a 1 mètre de largeur. Elles sont constituées par de petits rails de 10 kilogrammes, profil « Vignole ».

Les quatre rails reposent sur les mêmes traverses, en fer en U et y sont fixés suivant un procédé particulier : les deux rails d'un même côté sont engagés dans des oreilles fixes, extérieures à ces rails, et maintenus intérieurement par des clames pivotantes autour d'un boulon.

Pour établir la voie, on pose les rails de manière que leurs patins soient engagés dans les oreilles, et on les y serre à fond, en faisant tourner la clame, en l'amenant avec quelques coups de marteau en superposition avec la traverse et en la maintenant dans cette position par une broche.

A l'endroit de la rencontre du chariot et du contrepoids, les deux voies cessent d'avoir le même profil, celle du chariot s'élève un peu et celle du contrepoids s'abaisse; les rails du roulage du chariot sont alors supportés par de petites chaises de hauteur progressive et dont le maximum est de 0 m. 17.

Le chariot (fig. 105) est tout en fer; il a la forme suivante :

La branche supérieure, qui porte l'attache et l'élève à la hauteur nécessaire, forme avec le tablier horizontal un angle constant; la branche inférieure qui supporte le

tablier peut, au contraire, former avec lui des angles variables, ce qui permet de régler le chariot d'après l'inclinaison du plan incliné.

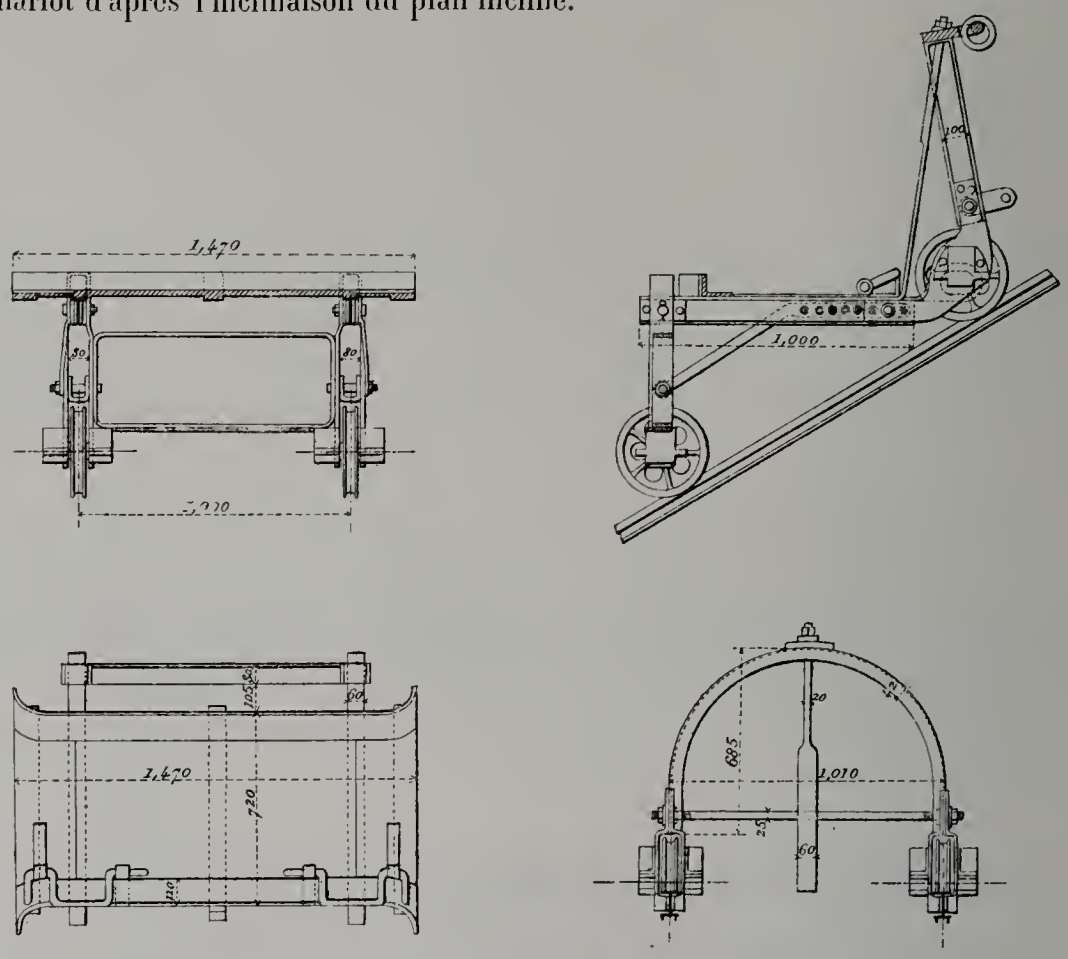


Fig. 105. — Chariot porteur du plan incliné des mines de Courrières.

Ce réglage est facile et se fait par des bielles latérales percées d'une série de trous. Toutes les roues du chariot et du contrepoids (fig. 106) sont munies de boîtes à

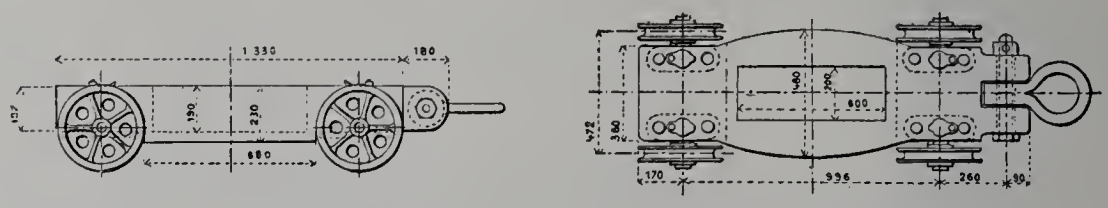


Fig. 106. — Contrepoids du plan incliné, à chariot porteur, des mines de Courrières.

graisse et leur jante est en forme de gorge, pour que, dans le cas où un obstacle, pierre ou autre, vient à se trouver sur un rail, la roue opposée maintienne le véhicule dans l'axe du chemin.

Balance à contrepoids des Mines de Courrières.

Cette balance est logée dans un beurtia de 2 mètres de diamètre utile, dont les parois sont revêtues de cercles de fer avec garnissage, sur leur pourtour, de lambourdes également en fer.

Le beurtia est divisé en trois compartiments :

Le premier, pour le fonctionnement de la cage;

Le deuxième, pour celui du contrepoids;

Le troisième, pour le logement des échelles servant à la circulation.

Malgré la section relativement faible du beurtia, les choses ont été combinées de telle manière que les échelles ont pu être posées avec une inclinaison normale et avec paliers, pour éviter les chutes dangereuses.

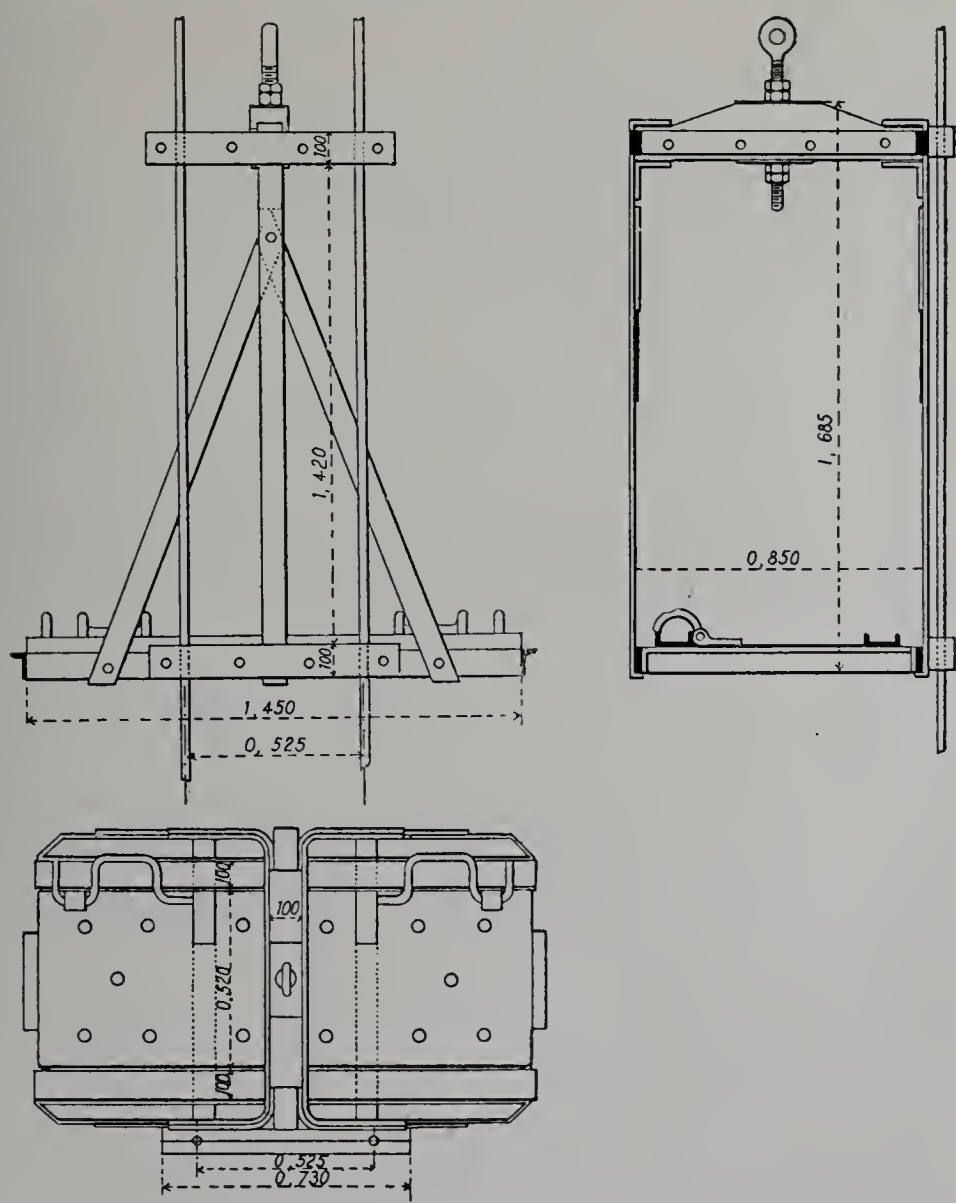


Fig. 107. — Cage de balance guidée par câbles des mines de Courrières.

Les cages (fig. 107), d'une construction simple, solide et légère, sont guidées par deux câbles métalliques, placés d'un même côté, et les maintenant appliquées du côté opposé contre deux planches qui règnent sur toute la hauteur, servant en même temps à rattacher les traverses horizontales qui supportent les planches et à isoler le compartiment des échelles.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Le contrepoids (fig. 108) n'est guidé que par un seul câble qui l'empêche de tourner et le tient aussi appliqué contre deux planches formant un couloir à parois d'équerre.

Ces dispositions sont employées couramment depuis longtemps et ne donnent, pour ainsi dire, lieu à aucun entretien, se prêtant, dans une certaine mesure, aux déformations qui se produisent assez souvent sous la poussée des terrains. La tête du beurtia est constituée par des cadres carrés en vieux rails éclissés dans les angles et supportant les sommiers de la poulie-frein, en même temps qu'ils maintiennent les parois en rocher.

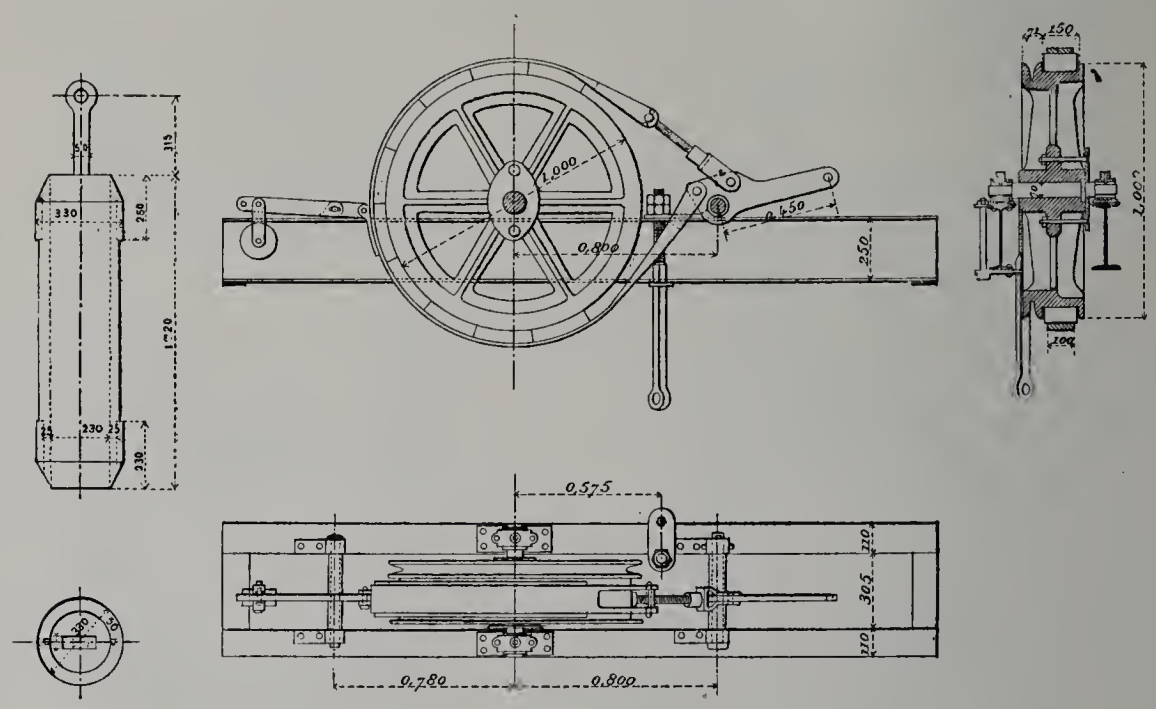


Fig. 108.
Contrepoids de balance
(mines de Courrières).

Fig. 109. — Frein de balance pour beurtia,
des mines de Courrières.

La poulie est robuste (fig. 109); elle a une gorge triangulaire pour recevoir le câble et l'empêcher de glisser. Elle est venue de fonte avec une jante sur laquelle s'appliquent les patins en bois d'une ceinture de fer, réglable par une vis; les patins sont les seules pièces qui s'usent et cette usure est très atténuée par la forte largeur donnée à la jante.

Cette balance est munie d'appareils de sécurité (crochet de suspension et butoir de sûreté) dont nous parlerons plus loin.

Type de descenderie des mines de Courrières.

Le type ordinaire de descenderies des mines de Courrières est à deux voies de roulage, une voie étant affectée aux berlines montantes, l'autre aux berlines descendantes; des plats, auxquels aboutissent des voies qui desservent les tailles chassantes, sont généralement étagés de 12 en 12 mètres.

Les rails sont ceux qu'on emploie couramment dans les galeries principales; ils sont courbés à leurs extrémités et en sens inverse aux passages des plats de manœuvre, qui

sont constitués par des plaques en fonte en cinq parties, formant le remplissage entre les rails ininterrompus; ces cinq pièces reposent par des portées à encoches, sur deux fers en U pliés d'équerre à leurs extrémités, pour assurer la stabilité et empêcher la disjonction des divers éléments.

Les berlines sont remorquées par l'intermédiaire d'un câble sans fin, auquel elles sont accrochées par des chaînettes dont l'extrémité est enroulée autour du câble. Le mouvement étant toujours donné dans le même sens, la machine motrice (qui est un treuil à air comprimé de la maison Messian, de Cambrai) ne comporte pas de changement de marche.

Les berlines sont reliées entre elles par un mode d'attelage spécial à la Compagnie. Elles portent à chaque tête une chaînette à cinq maillons, commençant par un anneau et se terminant par un T; le T d'une berline est passé dans l'anneau de celle avec laquelle on veut l'accrocher et réciproquement; on a ainsi un double accrochement qui ne peut jamais faire défaut et qui est très résistant. Le câble se termine par une chaînette identique et qui s'entrecroise avec celle de la première berline au moment de l'accrochage.

Ce système d'attelage est d'ailleurs général pour tous les modes de traction des mines de Courrières.

Utilisation d'une descenderie de remblais pour l'obtention de l'air comprimé. (Compagnie des Houillères de Saint-Étienne).

Il est intéressant de signaler l'installation du puits de la Pompe, imaginée par M. Villiers, directeur de la Compagnie des Houillères de Saint-Étienne, réalisée dans une descenderie de remblais, pour utiliser la puissance développée par la descente des bennes chargées (absorbée généralement dans un frein) à comprimer de l'air.

Dans ce but la poulie de tête actionne des compresseurs d'air. Nous regrettons de ne pouvoir détailler avec dessins à l'appui cette installation. Toutefois nous devons indiquer le principe de régulation de l'ensemble.

A cet effet, un régulateur centrifuge est placé sur l'arbre moteur; il agit sur les organes suivants :

1° Une soupape de décharge mettant, au repos, les cylindres compresseurs en communication avec l'atmosphère;

2° Deux obturateurs placés entre les cylindres et la soupape précédente, et s'opposant au passage de l'air comprimé dans les réservoirs, lorsque le régulateur est au sommet de sa course.

Pendant la manœuvre et au début de la cordée, pour une faible vitesse de la descenderie, la soupape de décharge reste ouverte, les compresseurs n'opposent pas d'autre résistance au mouvement que les résistances passives.

Lorsque la vitesse de régime est atteinte, le régulateur, en se soulevant, ferme la soupape de décharge; l'air comprimé dans les cylindres s'écoule dans les réservoirs.

Si la vitesse s'accélère outre mesure, le régulateur atteint le sommet de sa course et ferme les obturateurs : l'air comprimé dans les cylindres n'a plus d'autre issue que des soupapes de sûreté chargées pour une pression notablement supérieure à celle des réservoirs d'air; le compresseur devient un frein qui, en atténuant la vitesse, lui fait reprendre sa valeur normale.

Cette descenderie, lorsqu'elle fournira son débit maximum (puits de la Pompe, profondeur : 600 mètres), descendra 600 bennes par jour et produira 1,680 mètres cubes d'air comprimé à 5 kilogr. 500.

Si on compare cette quantité d'air à celle fournie par un compresseur à vapeur, on voit que cette utilisation de la chute des remblais engendre une force équivalente à celle que donnerait une machine de 100 HP.

Beurtia des mines de Lens.

Le beurtia des mines de Lens (fig. 110), dont les dispositions principales étaient exposées à l'exposition minière souterraine, possède les caractéristiques générales suivantes :

Section circulaire de 2 m. 35 de diamètre; profondeur, 10 m. 25.

Guidage. — En bois sur les petits côtés des cages. Billes en fer distantes de 1 m. 45.

Cages. — En fer, avec chapeau plein en tôle d'acier et parachute.

Molettes. — Molettes en fer de 1 mètre de diamètre (maison Bourguet, de Paris).

Câble. — Plat, en fil d'acier à grande résistance (120 kilogr.). Longueur, 65 millimètres; épaisseur, 7 millimètres. Résistance, 13,000 kilogrammes. 12 aussières de 4 torons, 7 fils n° 2 (maison Bessonneau, à Angers).

Treuil à air comprimé. — Oscillant compound à deux doubles cylindres, l'un de 160 millimètres pour la H. P., l'autre de 220 millimètres pour la B. P. Course commune, 330 millimètres. Vitesse en service normal, 180 tours à la minute. Deux bobines pour câbles plats commandées par l'intermédiaire d'un engrenage au 1/10. Évite-molettes comprenant : 1° un obturateur coupant automatiquement l'arrivée d'air comprimé à la machine lorsque la cage parvient en un point déterminé de son ascension; 2° un frein automatique à air comprimé qui fonctionne lorsque la cage dépasse l'accrochage supérieur d'une quantité déterminée.

Moteur électrique. — Un embrayage permet de substituer un moteur électrique au treuil à air comprimé. On verra la disposition de ce moteur dans un autre chapitre.

Taquets. — Taquets à excentriques, à la fois à soulèvement et à glissement. Ces taquets peuvent s'échapper par voie de glissement lorsque la cage repose sur eux; le machiniste lui-même peut donc faire venir les taquets puisqu'il n'est pas nécessaire de soulever la cage. On évite ainsi d'avoir un ouvrier préposé aux taquets. Les taquets sont enclanchés par la sonnerie du fond; ils sont immobilisés par une pièce solidaire du fil de sonnette tant que le levier de la sonnerie est dans sa position relevée.

Pour sonner, on abaisse le levier et on le maintient dans cette position abaissée au moyen d'un cran d'arrêt ; les taquets sont alors rendus libres.

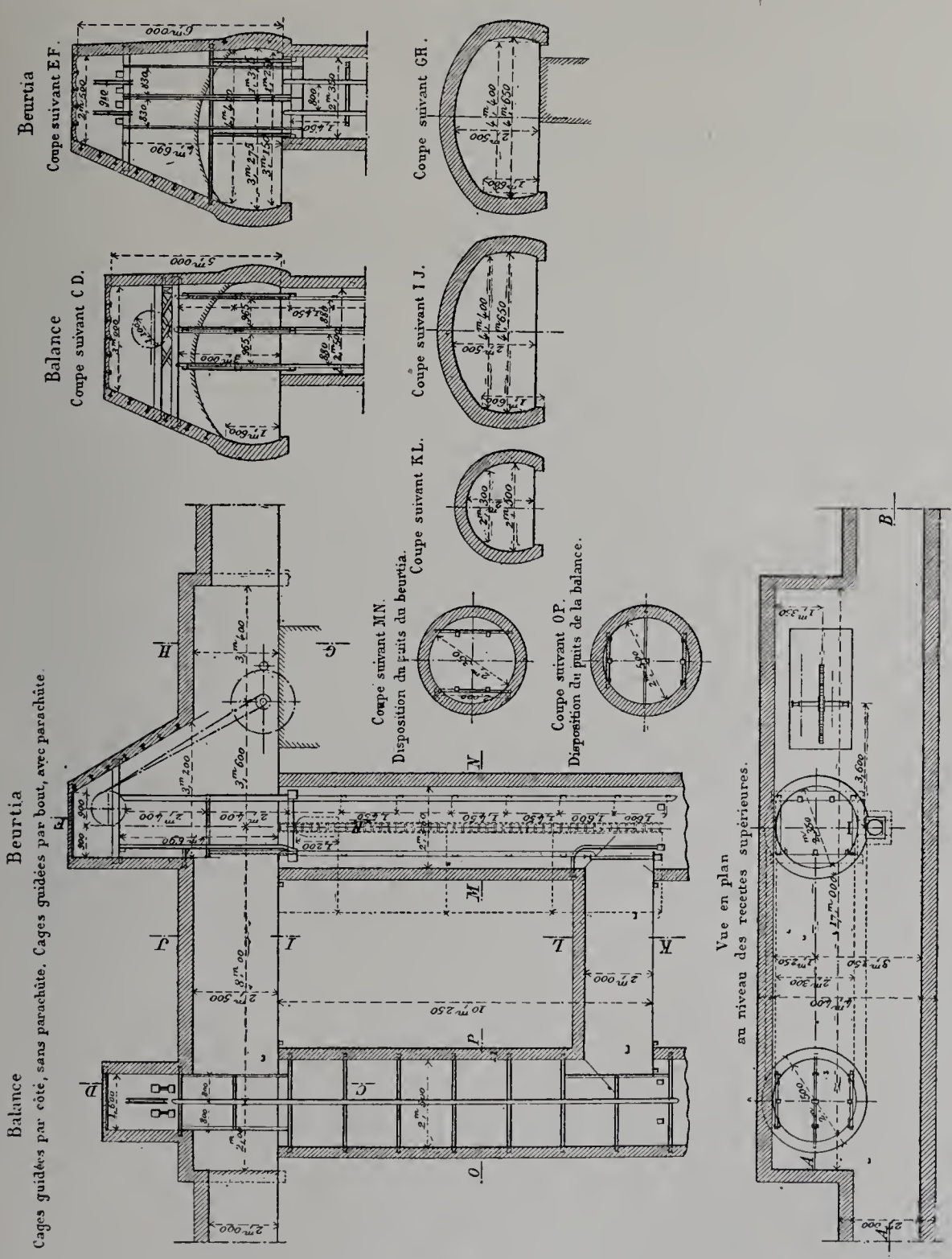


Fig. 110. — Installation d'une balance et d'un beurtia à l'exposition minière souterraine par les mines de Lens.

Dès que la cage a quitté le fond, on laisse remonter le levier par l'effet d'un contrepoids, et, du même coup, les taquets se trouvent enclenchés à nouveau. Il est d'ailleurs impossible de maintenir ouverte la barrière du pied si on n'a pas, au préalable, remonté le levier.

Barrières. — A guillotine à la tête du beurtia; à relever au pied. Les enclanchements avec la cage et avec le levier de sonnette sont les mêmes que pour la balance; avec, en plus, la particularité signalée ci-dessus que, pour maintenir ouverte la barrière, il faut que le levier de sonnette soit remonté et, par conséquent, les taquets de la tête immobilisés.

Sonnerie. — Un timbre attaqué par un fil de sonnette manœuvré du pied. Les enclanchements ont été expliqués plus haut,

Balance des mines de Lens.

Beurtia. — Le beurtia, de section circulaire, a une profondeur de 10 m. 25 et un diamètre de 2 m. 50.

Guidage. — Guides en bois disposés sur les longs côtés des cages, billes en fer distantes de 1 m. 45 d'axe en axe.

Cages. — En fer, à une seule berline, sans parachute; poids 340 kilogrammes.

Mécanisme. — Poulie Champigny de 1 mètre de diamètre à gorge conique, et à écartement des joues réglable à volonté. Le câble embrasse seulement une demi-conférence, ce qui procure, d'ailleurs, une adhérence suffisante.

Frein à contrepoids, normalement serré.

Câble. — Rond, en fils d'acier, grande résistance (120 kilogr.), diamètre 18 millimètres, charge de rupture 11,000 à 12,000 kilogrammes.

Barrières. — A guillotine à la tête de la balance. Barrière à relever au pied. Pour maintenir cette barrière ouverte, on la fixe à un crochet, lequel est immobilisé tant que la cage n'est pas arrivée au pied et ne peut recevoir la barrière. Quand, au contraire, la cage est en place, le crochet est rendu libre et on peut y fixer la barrière.

Sonnerie. — Une cloche au sommet, mise en mouvement par un fil de sonnette manœuvré du pied au moyen d'un levier. Ce levier est enclanché par la barrière; lorsque celle-ci est relevée, elle arrête le levier. Il faut donc commencer par fermer la barrière avant de pouvoir sonner.

CHAPITRE IV.

MÉTHODES NOUVELLES.

Malgré les perfectionnements partiels réalisés par un certain nombre de mines dans l'application des méthodes d'exploitation, peu de renseignements complets ont été présentés sur les modifications survenues aux méthodes anciennes, ou sur l'emploi de méthodes nouvelles. Nous citerons toutefois, pour les houillères, la méthode par grandes tailles employée par les mines de la Grand'Combe, et la méthode en couches puissantes employée à Cransac par la Société des Aciéries de France. Cette dernière est particulièrement intéressante parce qu'elle s'applique à des couches dont les charbons, très inflammables, possèdent des duretés très variables, et sont surmontés d'un toit très mauvais et inflammable également. Grâce à cette méthode on est arrivé à diminuer fort sensiblement le nombre des accidents, éboulements et feux qui, auparavant, rendaient l'exploitation très pénible.

Pour les ardoisières nous aurons à exposer la nouvelle méthode en remontant telle qu'elle est employée depuis quelques années à la Société ardoisière de l'Anjou et dont le principe, d'ailleurs ancien, a été admis, sinon appliqué intégralement dans la plupart des ardoisières de la région. Cette méthode possède de grands avantages non seulement au point de vue de la sécurité du travail, mais encore au point de vue de l'exploitation proprement dite qui est plus complète, plus rationnelle et plus régulière.

Nous donnerons également quelques renseignements sur une méthode intéressante nouvelle employée dans les salines d'Aussee (Autriche). Cette méthode utilise le procédé par chambre de dissolution, avec des modifications très importantes qui permettent de donner à la dissolution une extension que les anciens procédés ne pouvaient réaliser.

Un four salogène nouveau a été créé en Italie et est employé aux salines de Volterra; nous donnons en détail son organisation, sans pouvoir malheureusement nous prononcer sur son fonctionnement, en raison de sa création toute récente. Toutefois le principe est ingénieux et mérite d'être signalé.

Description de la méthode d'exploitation par grandes tailles des mines de la Grand'Combe.

La méthode des grandes tailles a été appliquée dans la deuxième division de la Compagnie des mines de la Grand'Combe sous les deux variantes qu'elle comporte: taille montante ou taille chassante suivant que la pente de la couche exploitée est plus ou moins forte.

A l'Exposition de 1900, figurait un modèle représentant une taille montante de 150 mètres de longueur appliquée à une couche de 4 mètres de puissance se compo-

sant de deux bancs de charbon appelé rase et banc moyen, ayant respectivement 1 m. 90 et 1 m. 80 et séparés par un banc stérile schisteux de 0 m. 30 d'épaisseur. Cette taille a exploité un étage de plus de 200 mètres de hauteur suivant le pendage. L'inclinaison était de 0 m. 20 par mètre.

Exposé de la méthode. — La direction générale d'une taille montante est un peu oblique sur les lignes de niveaux de manière que la voie de roulage ait une pente de 25 à 30 millimètres par mètre, qui est légèrement supérieure à la pente d'équilibre afin de tenir compte de l'obstruction que présente toujours une voie passant à front de taille.

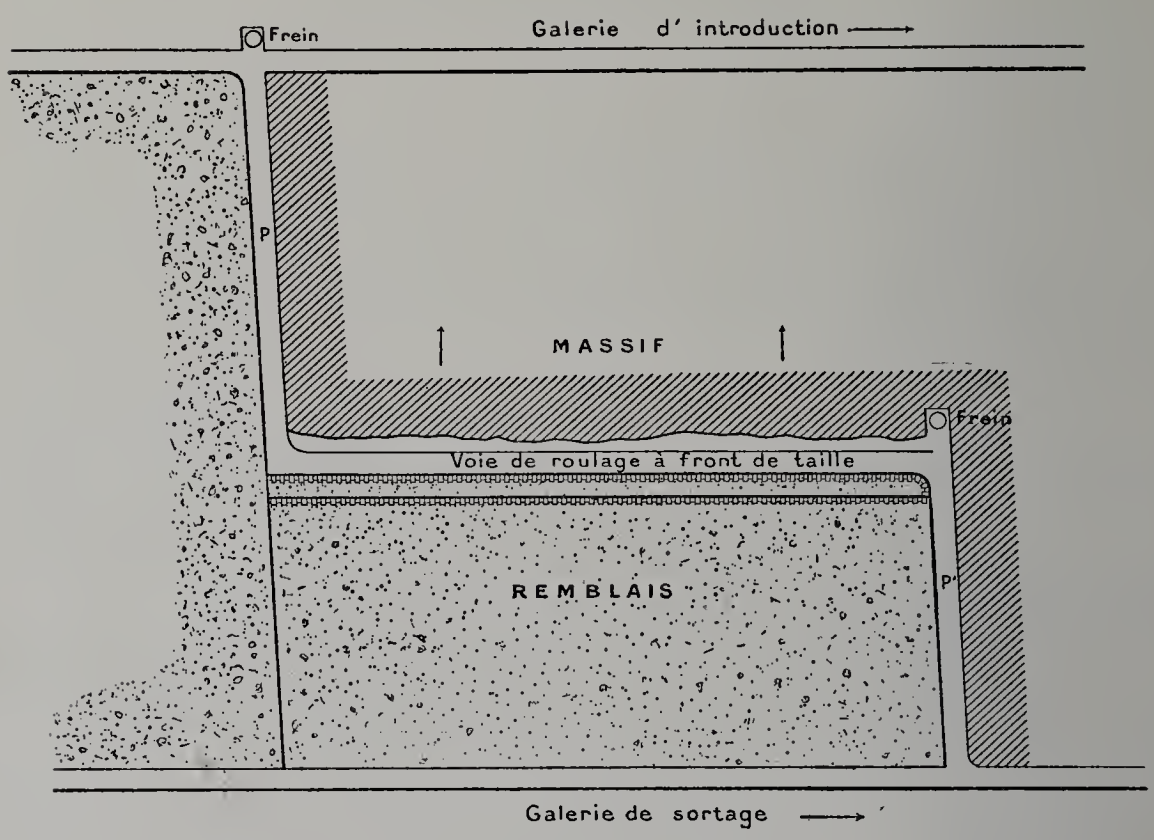


Fig. 111. — Méthode d'exploitation des mines de la Grand'Combe. — Ensemble d'une taille chassante.

Un plan P partant de la galerie supérieure de l'étage sert à l'introduction des bennes vides et de remblais : sa longueur diminue à mesure que la taille progresse. Un plan P′, aboutissant à la galerie inférieure de l'étage, sert au sortage des bennes de charbons, et s'allonge lorsque la taille monte. C'est la disposition d'ensemble représentée par la figure 111.

On dépile par tranches de 2 m. 20 de largeur dont le boisage définitif est constitué par deux lignes de flandres parallèles au front de taille supportant des chapeaux espacés de 0 m. 90 à 1 mètre; chaque flandre, d'une longueur de 3 mètres, est elle-même soutenue par trois piquets entaillés en gueule de loup, les chapeaux ont 2 m. 50 de longueur. La figure 112–A représente en plan la disposition adoptée pour le boisage de deux tranches consécutives et la figure 112–C représente une coupe longitudinale suivant l'axe d'une flandre. Ce mode de boisage, relativement économique, offre une grande cohésion.

La taille est divisée en chantiers élémentaires de 8 à 10 mètres de longueur et on procède à l'abatage au moyen de deux gradins. On commence par enlever le banc moyen de 1 m. 80 d'épaisseur sur toute la longueur de la taille afin de ne pas former de redent et on fait un premier boisage au moyen de piquets. Quand l'avancement dans le banc moyen a atteint 2 m. 20, on remplace les piquets par des chapeaux appuyés d'un côté sur les flandres de la tranche qui sert au roulage et soutenus de l'autre côté par des buterons qui reposent sur le banc inférieur; le banc stérile a été mis dans les remblais après enlèvement du banc moyen. On procède ensuite à l'abatage de la

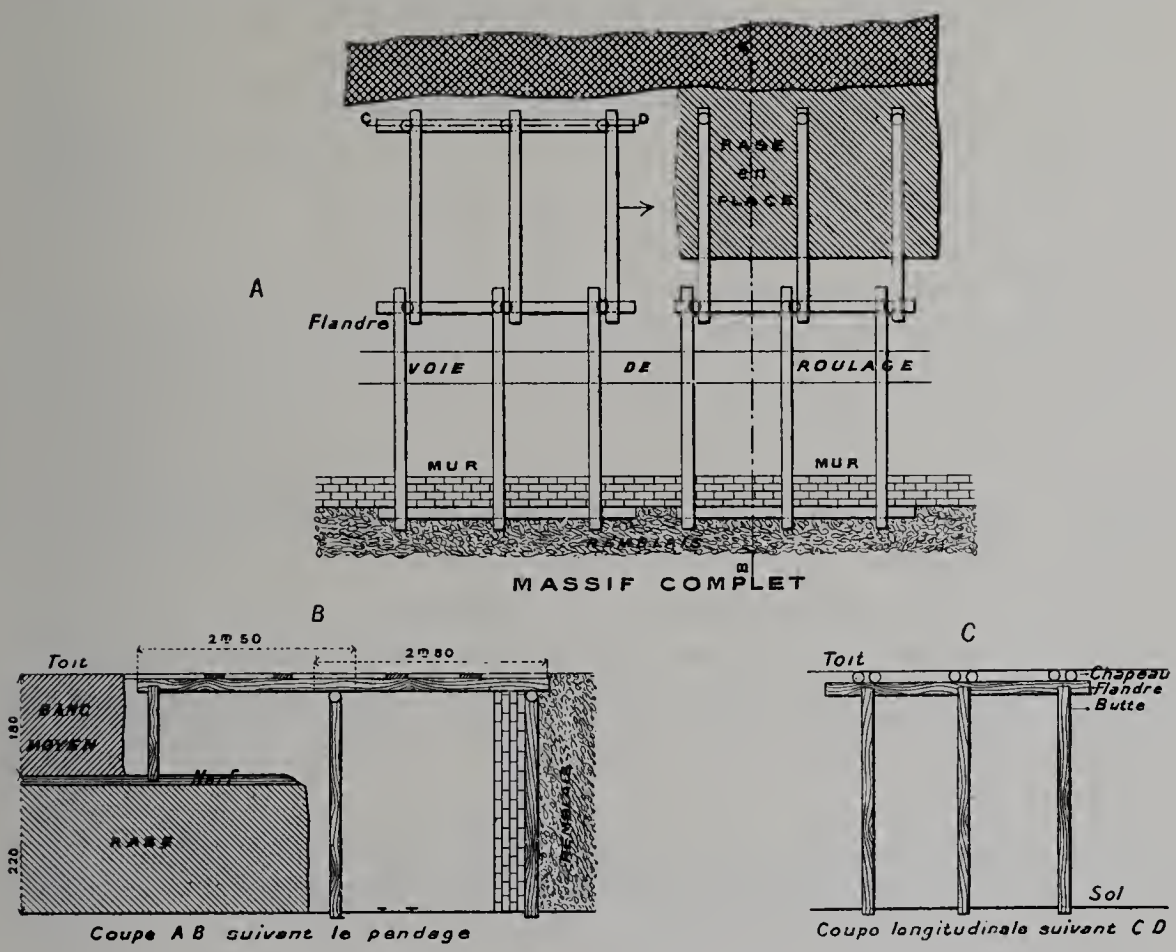


Fig. 112. — Méthode d'exploitation des mines de la Grand'Combe. — Détail d'un chantier.

rase en chassant et on enlève au fur et à mesure les buterons qu'on remplace par les flandres et les piquets du boisage définitif.

Les figures B et C (fig. 112) représentent le dépilage de la rase après enlèvement du banc moyen et clavage des remblais.

On s'arrange pour que tous les chantiers terminent le même jour le boisage de leur nouvelle tranche, et pour cela il suffit d'augmenter la longueur des chantiers les plus avancés et de réduire les retardataires. Quand tout est terminé on déplace la voie de roulage pendant le poste de nuit et tout est prêt pour l'attaque de la tranche suivante.

L'opération du ripage de voie coûte à peine 0 fr. 06 la tonne et elle se fait à peu près tous les huit jours. Afin de ne pas avoir une pression trop forte du toit il convient

de faire marcher les dépilages assez rapidement et de donner par suite à chaque piqueur une longueur de taille qui ne dépasse pas 3 m. 50 à 4 mètres.

Le remblayage de la tranche antérieure à la tranche de roulage se pratique en même temps que l'abatage de la nouvelle tranche : les remblais sont déposés en talus sur toute la longueur du chantier et ils sont clavés en avant du boisage au moyen d'un mur en pierres sèches parallèle à la voie de roulage. Cette disposition des remblais en talus sur la longueur totale de la taille a pour but de s'opposer le plus tôt possible au renversement du mur précédent dont la grande hauteur de 4 mètres nuit à la stabilité.

Quand la hauteur de la couche n'est que de 2 mètres à 2 m. 20, il est au contraire préférable de monter à la limite de chaque chantier élémentaire une murette transversale contre laquelle on vient appuyer le remblai en montant au fur et à mesure le mur longitudinal; de cette façon le toit est soutenu dans chaque chantier par un pilier de remblais complètement clavés dès le commencement de la tranche. Le remblayage est toujours terminé avant le dépilage de la nouvelle tranche.

La méthode des grandes tailles a été essayée avec différentes longueurs de taille, mais l'expérience a montré qu'il convenait de ne pas dépasser 80 mètres pour ne pas exagérer la pression du toit au milieu du front de taille où la charge se fait toujours sentir avec l'intensité la plus grande.

Grandes tailles chassantes. — Si on fait tourner de 90 degrés l'ensemble de la figure 111 on obtient la grande taille chassante dirigée suivant la ligne de plus grande pente de la couche.

La taille chassante peut s'appliquer toutes les fois que la couche a une pente inférieure à 0 m. 12 par mètre, ce qui rend possible le roulage à la cale. Ces conditions de pente se présentant assez rarement, on a quelquefois adopté la taille chassante dirigée obliquement aux lignes de plus grande pente de la couche afin de diminuer la pente.

La taille chassante est, à beaucoup d'égards, préférable à la taille montante : 1° la pression du toit est moindre puisque la taille est dirigée suivant la ligne de plus grande pente (qui est aussi la ligne de plus grande résistance) ou suivant une ligne un peu oblique; 2° la longueur n'est pas aussi strictement limitée qu'avec la taille montante; 3° l'entretien est moins élevé, car, dans la taille montante, on doit pourvoir en plus à l'entretien des plans inclinés d'introduction et de sortage; 4° le roulage est plus économique par suite de la suppression des plans inclinés; 5° toute la hauteur de l'étage peut être dépilée de la même manière : tandis que la taille montante commence et s'arrête à une certaine distance des galeries inférieure et supérieure de l'étage qu'on tient à ménager, la portion non dépilée en grande taille s'exploite par la méthode ordinaire de la Grand'Combe; 6° la taille chassante permet, à un moment quelconque, l'emploi de la méthode ordinaire par niveaux avec laquelle la traversée des parties accidentées est plus commode; inversement on passe facilement de la méthode ordinaire de la Grand'Combe à la grande taille chassante. Cette transformation n'est pas possible avec la grande taille montante.

Avantage de la méthode des grandes tailles. — 1° *Rendement.* Le matériel roulant fourni à pied d'œuvre permet de supprimer le roulage exécuté par les piqueurs dans les galeries de niveaux des chantiers exploités suivant la méthode classique de la Grand'Combe.

L'attaque du massif sur un grand front de taille facilite beaucoup l'abatage du charbon.

Ces deux raisons déterminent une augmentation du rendement individuel qu'on peut estimer à 40 p. 100.

2° *Remblayage.* Le coefficient de remblayage atteint 60 p. 100 alors qu'avec la méthode ordinaire on ne dépasse pas le chiffre de 45 à 50 p. 100.

De plus, dans ce dernier cas, les galeries de niveaux ne sont remblayées qu'après l'établissement d'un nouveau plan incliné, tandis que dans les grandes tailles il ne reste aucun vide dans le courant de l'exploitation.

3° *Aérage.* Tout le courant d'air dont on peut disposer passant dans la taille même, au lieu de se diviser, partie dans les chantiers, partie dans le plan et les niveaux, comme cela se produit dans la méthode ordinaire, l'aérage d'une grande taille est bien meilleur à volume d'air égal et le grisou qui se dégage à front est balayé facilement malgré la présence de quelques redents qu'on ne peut éviter complètement.

4° *Surveillance.* Par suite de la suppression des niveaux et de l'augmentation de rendement, la surveillance est à la fois plus économique et plus facile, ce qui permet d'obtenir de meilleurs résultats sous le rapport du chargement. La facilité de la surveillance constitue en outre un grand avantage pour la sécurité du personnel.

Par contre il est nécessaire de signaler une consommation de bois plus importante dans les grandes tailles, ce qui a pour effet de contre-balancer jusqu'à un certain point l'économie du prix de revient résultant de l'augmentation du rendement.

Méthode d'exploitation en couches puissantes de la Société des Aciéries de France.

La Société des Aciéries de France exploite dans les concessions de Cransac et des Issards des couches de houille puissantes, dont l'épaisseur varie de 0 à 40 mètres, avec une inclinaison de 25 à 70 degrés. Elles se présentent en lentilles dont la longueur en direction va de 150 à 1,500 mètres. Les charbons possèdent une dureté très variable et dans certaines parties ils sont presque pulvérulents; en tous cas ils sont très inflammables. Le toit est généralement difficile à soutenir et inflammable également.

Dans ces conditions, la Société a cherché une méthode permettant d'exploiter avec toute la sécurité possible, répondant à toutes les données du problème et donnant le déhouillage le plus complet.

La méthode à laquelle elle s'est arrêtée peut se définir ainsi : méthode de déhouillement avec remblais complets, par recoupes contiguës, horizontales et par tranches horizontales, uniques, descendantes sous remblais.

Le procédé est le suivant, tel que l'expose la Société :

Création d'un étage. — On divise la couche en étages de 30 à 50 mètres de hauteur verticale. A la partie supérieure de l'étage et dans la partie stérile, au mur de la couche, se trouve la galerie de venue de remblais AA′ (fig. 113).

De cette galerie part un plan incliné, tracé également dans le stérile du mur, et qui descend dans un plan parallèle au mur de la couche, au fur et à mesure de l'exploita-

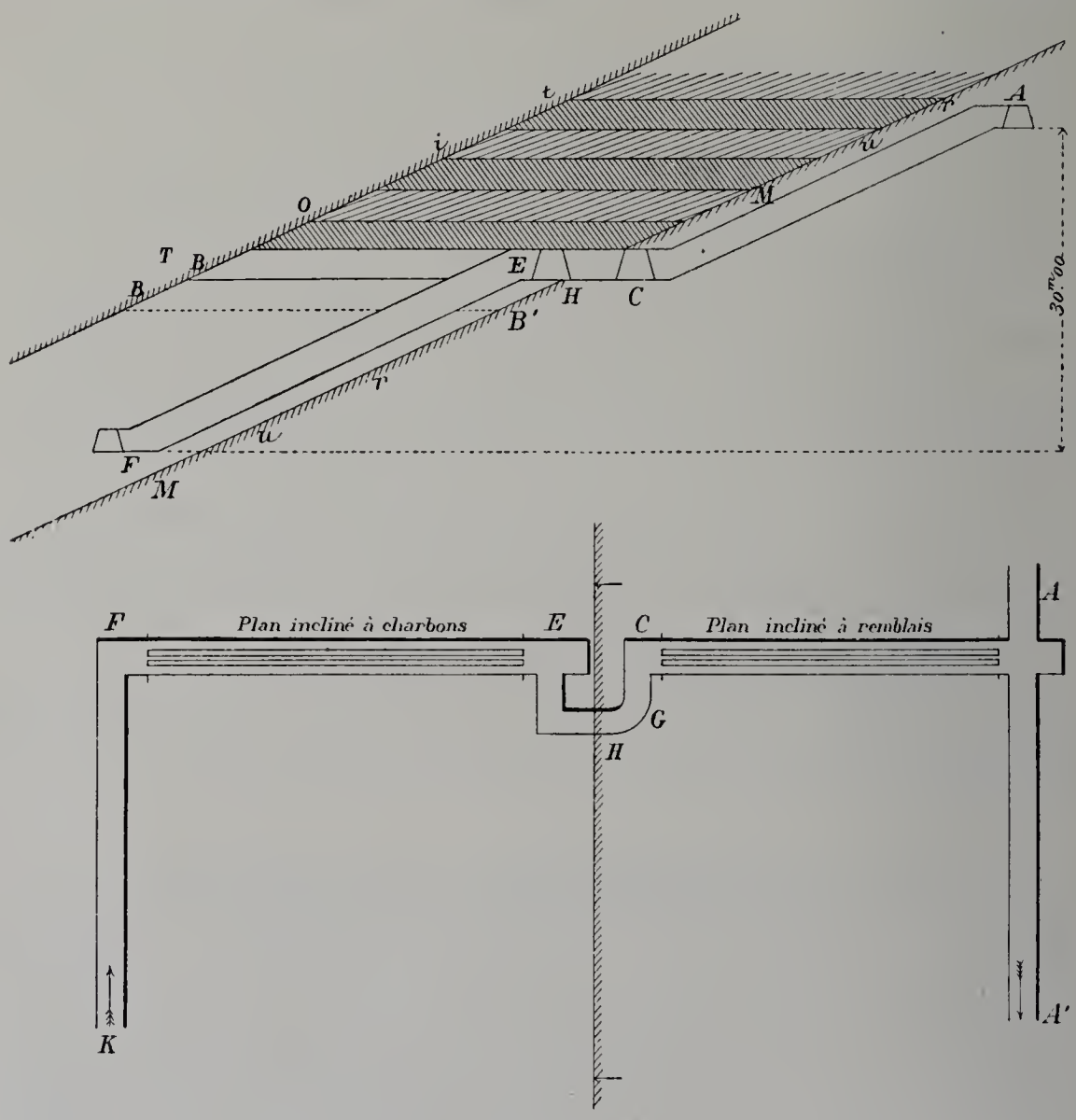


Fig. 113. — Méthode d'exploitation des mines de la Société des Aciéries de France. Création d'un étage.

tion, de façon que sa base se trouve toujours à niveau de la tranche en exploitation (soit BC ce niveau), et amène les remblais dans cette tranche, au moyen d'un travers-banc CGH.

L'écoulement des charbons est assuré par un plan incliné EF, qui relie la tranche en exploitation à la galerie de roulage FK, tracée à la base de l'étage, dans la couche même, et venant au puits d'extraction.

L'air entre par la galerie de roulage, monte dans la tranche en exploitation, soit par le plan incliné d'écoulement des charbons, soit par des montages que l'on est amené à établir pendant le cours de l'exploitation, dans le but d'améliorer l'aérage ou d'activer les traçages.

La tête du plan incliné EF d'écoulement des charbons doit être placée aussi près que possible du point d'arrivée des remblais.

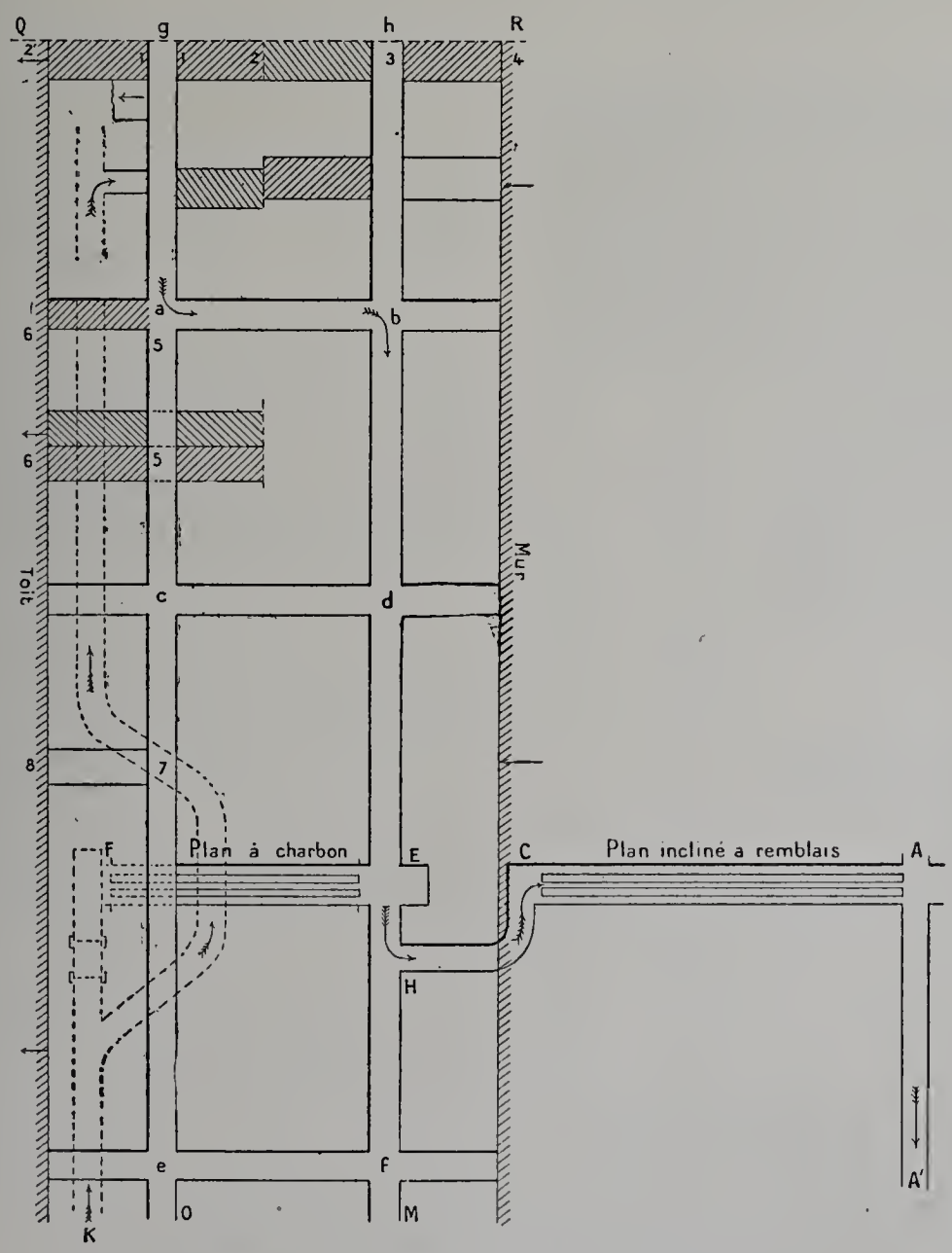


Fig. 114. — Traçage et déhouillage d'une tranche (Mines des Aciéries de France).

Comme on est toujours obligé de maintenir les galeries de venue des remblais aux divers chantiers et les galeries d'accès de ces chantiers au plan à charbon, la communication entre la base du plan de venue des remblais et la tête du plan d'écoulement des charbons doit rester ouverte jusqu'à épuisement complet de la tranche. En rapprochant la tête du plan à charbon du point d'arrivée des remblais dans la tranche, on

diminue la longueur de cette communication et les frais très onéreux d'entretien de galeries, que l'on dépile de part et d'autre.

Traçage et déhouillage d'une tranche. — On découpe la tranche par deux galeries conjuguées M, O (fig. 114), tracées l'une au voisinage du toit, l'autre dans celui du mur et reliées par des travers-bancs *ab, cd, ef;* soit QR la limite extrême conventionnelle ou naturelle de l'exploitation. On donne à la tranche une épaisseur de 2 m. 80, dimension la plus convenable comme nous le verrons plus loin. On a en couronne les remblais de la tranche précédente.

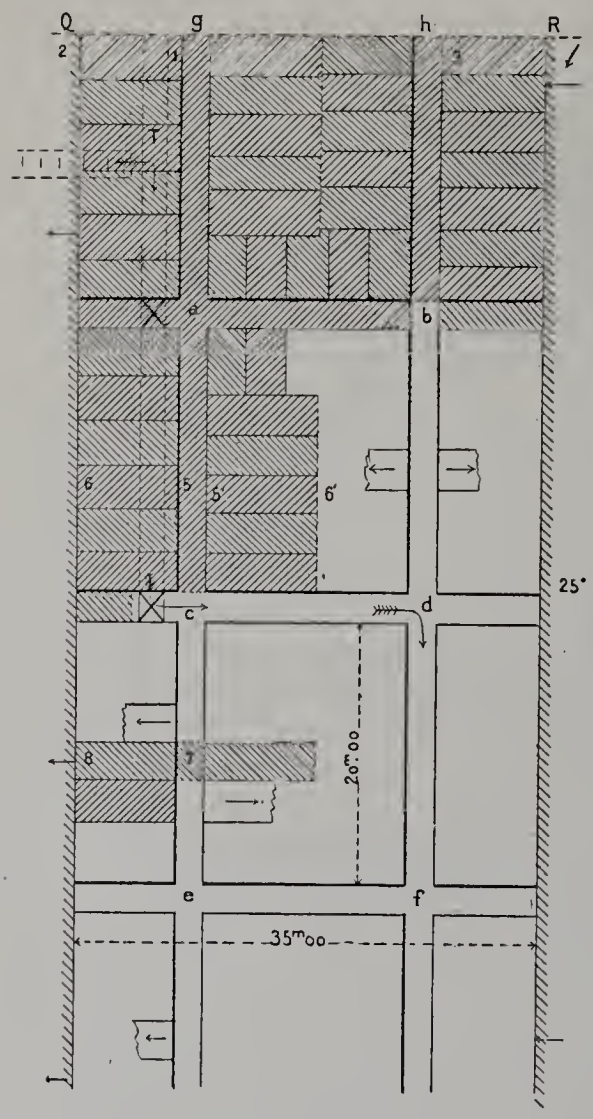


Fig. 115. — Déhouillage d'une tranche (mines des Aciéries de France).

Pour procéder au déhouillage, on prend des recoupes 1-2, 3-4, partant des deux galeries. On pousse ces chantiers jusqu'au stérile et on les remblaie; on en prend ensuite un second en face des premiers, puis des chantiers contigus.

Les chantiers ont 3 mètres de large. En même temps que les chantiers 1-2, 3-4, on en prend d'autres, 5-6, 7-8, situés à des distances égales à un multiple de 3 les uns des autres, en partant de la galerie du toit, vers le toit.

Dès que le chantier 5-6 est fini, on en prend un second 5'-6', situé en face du premier en allant vers le mur; on l'arrête quand il est arrivé sur la ligne médiane du pilier *abcd;* on remblaie alors ce second chantier et la galerie elle-même sur le prolongement du chantier. On continue l'enlèvement en prenant des recoupes contiguës aux premières, de sorte que le déhouillement prend, à un moment donné, l'aspect présenté par la figure 115.

La partie sous le toit est complètement dépilée et remblayée; la partie sur le mur est en cours de dépilage et toujours en retard sur celle du toit; le roulage des charbons et la venue des remblais se font par cette galerie du mur qu'on ne dépile entre deux travers-bancs, tels que *ab, cd,* qu'après l'épuisement de la région du toit.

L'entretien est ainsi réduit au minimum, puisque le roulage et l'aérage se font toujours par des galeries ayant leurs deux parements au charbon.

Pour amener l'air dans les travaux, on prolonge jusqu'en S (fig. 114) la galerie de base; on la continue par un montage ST, en sorte que l'air suit le parcours indiqué par

les flèches. Ce montage sert de point d'attaque pour la galerie de traçage qui passe toujours au-dessous des parties dépilées, et amène l'air par la cheminée A, d'abord, puis par la cheminée *c*, lorsque la première est atteinte par les travaux de dépilage et remblayée.

Les traçages et le courant d'air suivent donc les dépilages. Les galeries de traçage sont poussées seulement sur 1 m. 80 de hauteur.

On ne passe pas ainsi sous des remblais frais, et les réparations se font au charbon, sans enlever des remblais déjà mis en place.

On voit que rien n'empêche de dépiler de part et d'autre de la galerie du toit, bien avant d'entrer en dépilage dans la galerie du mur et que, par conséquent, on peut activer l'exploitation et les traçages autant qu'on le veut.

Si les dépilages sont très en avance sous le toit, on peut faire les traçages par les cheminées telles que *c*, à la base desquelles on prend des avancements de part et d'autre.

On remonte par ces cheminées les charbons provenant de l'avancement.

Quand les dépilages de la tranche BC arrivent au voisinage de la tête du plan incliné, la partie sous le toit est déjà dépilée et on raccorde le plan avec la galerie tracée depuis la limite assignée aux dépilages. On a d'ailleurs pu tracer la galerie du mur de la nouvelle tranche B′C′, au fur et à mesure de l'avancement des dépilages sur le mur dans la tranche en exploitation, et se raccorder avec le plan incliné de venue des remblais, prolongé jusqu'à son niveau. On peut, dès lors, commencer les dépilages dans la nouvelle tranche B′C′ qui est en pleine période d'exploitation lorsque la tranche BC entre en liquidation, c'est-à-dire lorsqu'il reste peu de charbons à enlever au voisinage de la galerie de venue des remblais.

Dans cette période de liquidation, on peut être amené, pour diminuer l'entretien, à remblayer la tête du plan incliné d'écoulement des charbons au niveau de la tranche BC, écouler les charbons par un plan secondaire mettant en communication les niveaux BC et B′C′ et enfin les rouler dans les galeries de cette dernière tranche jusqu'au plan principal à charbons.

On voit qu'à tout instant l'exploitation comporte une tranche en liquidation, une tranche en exploitation, une tranche en traçage.

Conduite d'un chantier de dépilage. — Les chantiers de dépilage sont menés sur 2 m. 80 de hauteur et 3 mètres de largeur, soit un chantier à prendre dans la galerie du toit. Comme nous l'avons dit, la galerie de traçage est poussée sur 1 m. 80 de hauteur seulement. L'attaque du chantier comporte donc un abatage en couronne pour aller jusqu'aux remblais de la tranche supérieure, et un élargissage pour permettre la circulation facile dans la galerie et la pose des cadres d'entrée du chantier.

On élargit donc la galerie sur 3 mètres de longueur, on supprime les anciens cadres et on soutient les chapeaux des nouveaux cadres *ab*, *a′b′* (fig. 116), parallèles à l'axe de la galerie, dits cadres de croisières. Ces cadres ont une longueur de chapeau de 3 mètres; leur portée est diminuée par une bute *f* placée aux deux tiers de la longueur.

Ils constituent les cadres d'entrée du chantier. Pour augmenter leur résistance, on les redouble, puis on tombe les piédroits des cadres d'élargissage. On se trouve, dès lors, en mesure d'attaquer le chantier de dépilage et de pousser suivant les lignes *ac*, *bd*.

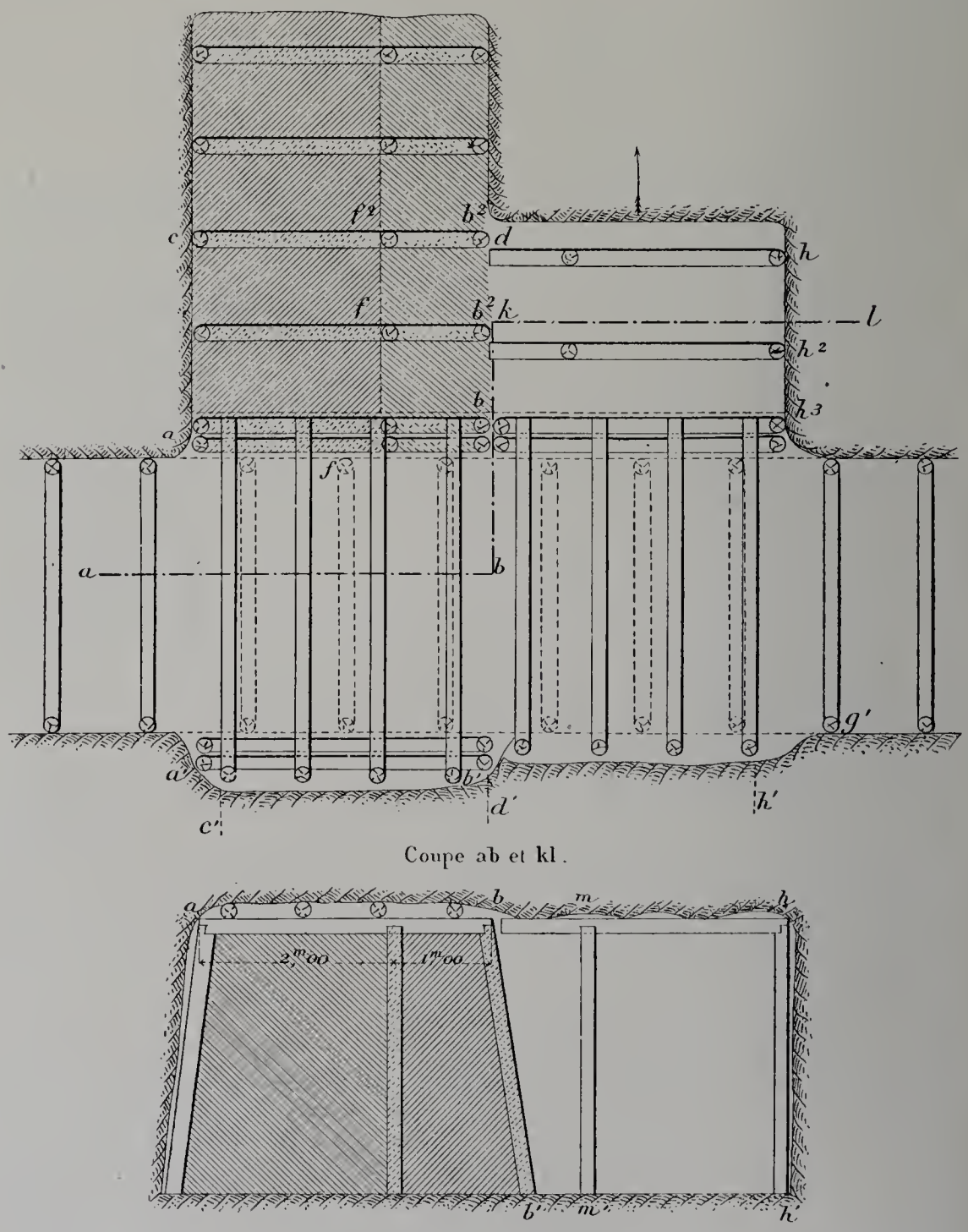


Fig. 116. — Détails de la méthode d'exploitation des Mines de la Société des Aciéries de France. Conduite d'un chantier de dépilage.

Dès qu'on a fait 1 mètre d'avancement (ou moins, si le terrain est peu solide), on place le premier cadre de chantier, établi de la même façon que le cadre de croisière (un chapeau de 3 mètres, deux piédroits, une bute *f*, pour diminuer la portée du chapeau).

La ligne des butes f^1, f^2 constitue une gaine qu'on remblaie au fur et à mesure de l'avancement; puis, lorsqu'on est arrivé à la limite de longueur assignée au chantier, on se rabat vers la galerie en remblayant le tout et enlevant les butes f, f^1, f^2; tout en faisant ce remblayage, les ouvriers conduisent le chantier au charbon $a'c'b'd'$, et préparent l'entrée d'un nouveau chantier $bd\,gh$, qu'ils poussent dès que le chantier $a'b'c'd'$ est entré dans la période de remblayage.

La coupe du chantier $bdgh$ est cette fois un peu différente; au lieu d'être entièrement au massif, il a d'un côté le charbon, de l'autre le remblai de la précédente recoupe. Les cadres, au lieu d'être formés de quatre pièces, sont formés d'un chapeau de 3 mètres de longueur, d'un piédroit hh et d'une bute mm, soutenant le chapeau aux deux tiers de sa longueur. La ligne des butes forme une gaine que l'on remblaie comme dans le cas précédent, mais en ayant soin d'enlever, au fur et à mesure de la mise en place des remblais, les piédroits b, b^2, b^3, laissés dans le chantier précédent. Une fois le chantier arrivé à la limite qui lui est assignée, on remblaie en se rabattant vers la galerie et enlevant les butes m, m^1, m^2.

Les piédroits h, h^2, h^3 seront enlevés quand on remblaiera la gaine du chantier contigu au chantier bd, gh. Tout en poussant le remblayage de ce chantier, les mêmes ouvriers conduisent le chantier au charbon $b'd'$, $g'h'$.

En somme les avantages reconnus à cette méthode seraient les suivants :

Elle s'applique à toutes les inclinaisons et à toutes les traversées, à toutes les duretés de charbon sans modification.

Quand un chantier arrive à un point délicat (toit ébouleux, terrains échauffés), tous les points sont immédiatement accessibles et faciles à surveiller. Elle permet d'éviter autant que possible les feux, point très important, surtout lorsqu'il s'agit de mines grisouteuses.

Le courant d'air suit les dépilages.

Les remblais arrivent toujours à niveau dans des chantiers larges, bien boisés et sont d'une mise en place facile.

Enfin le soutènement est régulier et le déboisage presque complet.

De fait, dès l'application de cette méthode, le nombre des feux s'est considérablement réduit, en particulier près du nerf très inflammable qui s'étend dans le centre de la lentille exploitée à la mine du Parc. Le feu est, dans tous les cas, facilement circonscrit.

Cette méthode a permis à la Société, non seulement de déhouiller complètement les nouveaux chantiers, mais encore de revenir dans les quartiers anciens abandonnés.

Méthode d'exploitation des mines de sel à Aussee, par chambre de dissolution à puits.

Avant d'entrer dans les détails de cette méthode nouvelle, il est utile de rappeler quelques données relatives au gîte exploité à Aussee. (Voir les coupes à la seconde partie.)

IMPRIMERIE NATIONALE.

Dans les mines, le toit du gîte salin est constitué généralement et sur une grande étendue par les couches dites de Zlambach, par des calcaires salins rouges ou, plus exactement, du calcaire de Pötschen; au-dessus de ces terrains triasiques viennent des couches jurassiques, à l'exclusion du lias.

Le mur du gîte n'est découvert nulle part, dans la mine de sel d'Aussee; il doit, selon toute vraisemblance, être formé d'ardoise de Werfen.

Le gisement a subi de multiples perturbations, vraisemblablement causées par la pénétration des eaux atmosphériques et par la transformation du sulfate anhydre de chaux en gypse.

L'argile salifère (Haselgebirge), actuellement en exploitation, est composée d'un mélange de sel, d'argile, de sulfate anhydre de chaux, dans lequel on découvre quelques filons verticaux de calcaire salin.

Dans la teneur en sel, qui atteint 70 à 80 p. 100, interviennent de nombreuses mais faibles strates de sel gemme pur tout à fait susceptibles, par endroits, d'une exploitation minière.

Les calcaires salins existent au-dessus du gisement de sel, en amas importants et isolés; en dehors de ces amas, on trouve, soit le gisement de sel complètement à découvert et corrodé, soit un toit imperméable de marne de Zlambach.

On connaît la méthode par chambres de dissolutions employée jusqu'ici. Dans ce procédé l'action de l'eau s'opère, comme on sait, en remontant sur toute la surface du toit; d'où, comme conséquence naturelle, l'élargissement horizontal de cette surface dans un angle de 45 degrés à partir de la verticale, élargissement qui peut, en fin de compte, prendre une telle extension que la résistance du plafond ne soit plus suffisante pour en empêcher l'effondrement.

Si même on réduit à une grandeur déterminée la surface initiale du chantier de telle façon que la surface finale obtenue, lorsqu'on a atteint toute la hauteur d'étage, reste au-dessous de sa limite de rupture, la forme tronconique de la région épuisée conduit à une utilisation très imparfaite de la mine exploitée, et qui restera telle tant que les parois latérales de la zone épuisée ne pourront être verticales. La méthode de dissolution par puits a précisément pour objet de réaliser ce desideratum, comme on peut le voir par les figures 117 et 118.

Cette nouvelle méthode a été inaugurée en 1888 par le conseiller supérieur des mines actuel Anton Schernthanner, à la mine d'Aussee. Les essais qui en ont été faits ont justifié les espérances que l'on fondait sur cette méthode.

Cette méthode est la suivante :

Une première chambre à dissolution (fig. 117) est établie à la base du gîte par l'ancienne méthode. Un puits vertical met en communication le plafond de cette chambre avec l'extérieur et permet l'arrivée des eaux. La chambre inférieure est poussée jusqu'à la limite fixée par la résistance du plafond. Ceci fait, il s'agit d'opérer la dissolution des couches supérieures, sans que les parois latérales de la chambre inférieure soient attaquées et ne viennent à s'élargir.

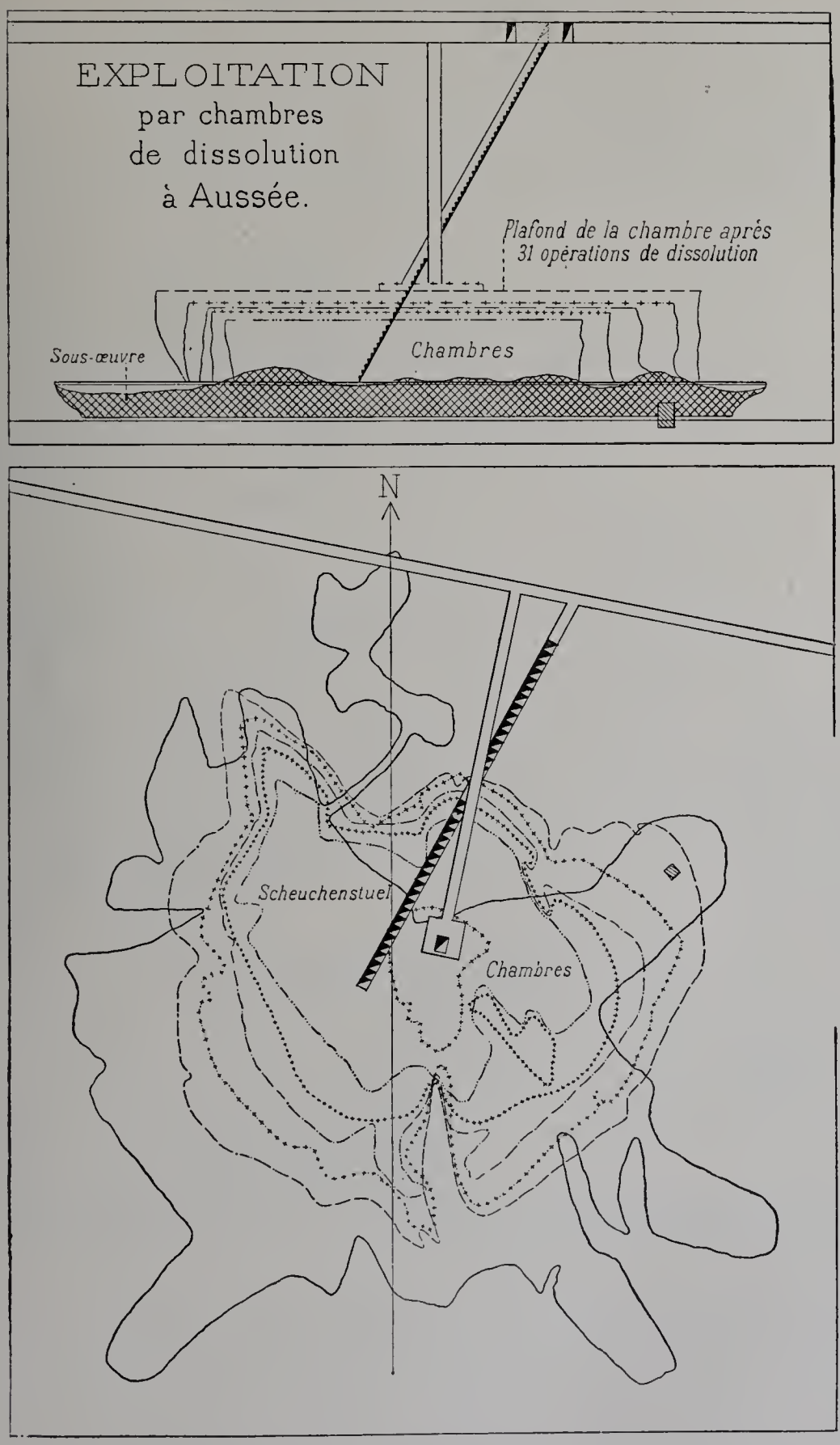


Fig. 117. — Exploitation par puits et chambres de dissolution des mines de sel d'Aussee. Phases successives d'une opération.

Pour cela on commence par remplir cette chambre d'eau saturée de sel qui par conséquent ne peut plus en dissoudre et ne possède plus aucune action sur les parois latérales de la chambre; puis on fait couler de l'eau dans le puits en remplissant ce dernier jusqu'à une certaine hauteur. Cette eau corrode le puits et dissout l'eau salée qui se trouve dans le voisinage immédiat du puits, mais cette dilution partielle est bientôt compensée par l'action de l'eau sur les parois du puits de telle sorte que l'action diluante

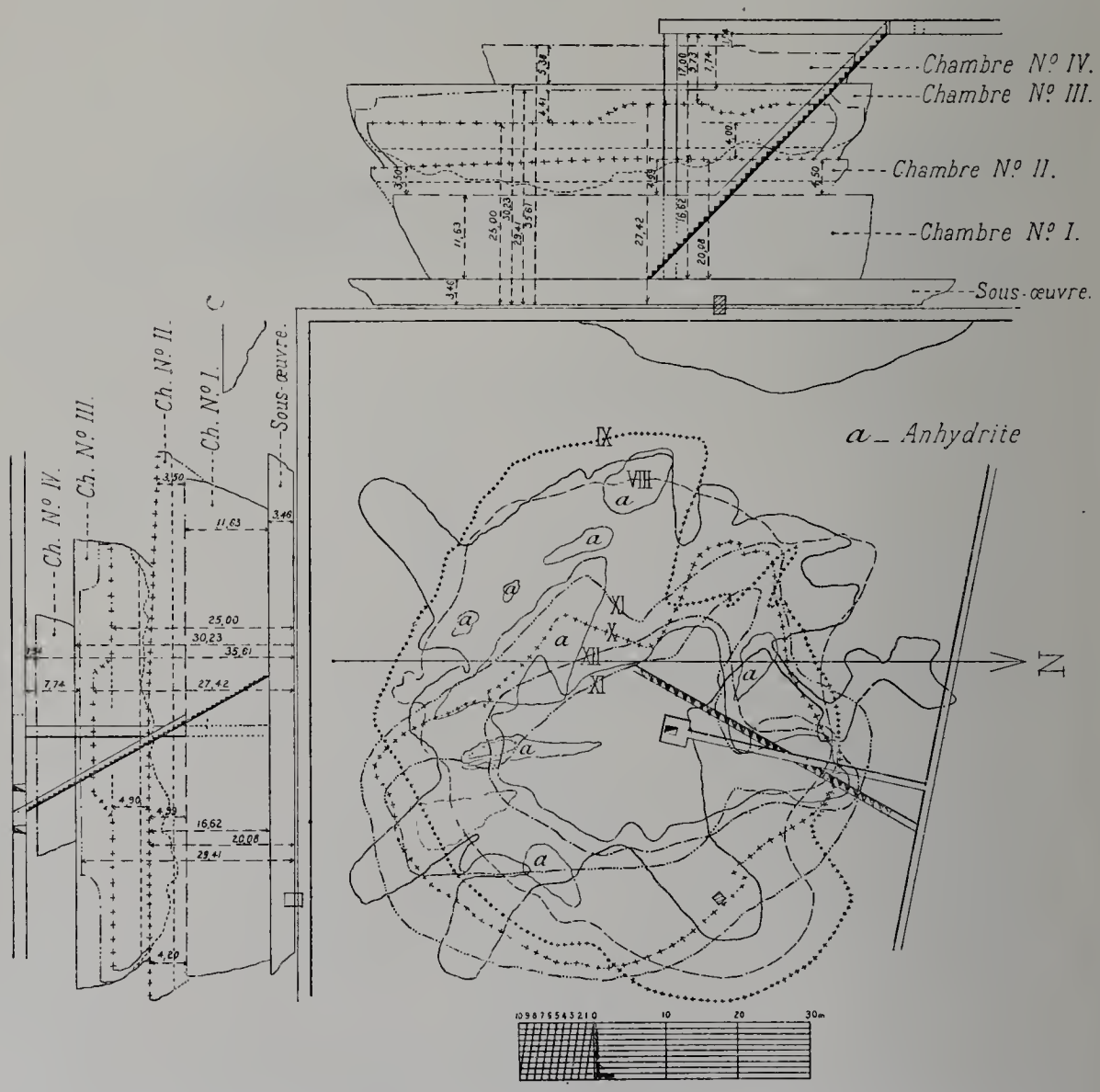


Fig. 118. — Elévation et plan de l'exploitation des mines de sel d'Aussee par le procédé par puits et chambres de dissolution (Scheuchenstuel). — État de l'exploitation après quatre opérations.

de l'eau sur l'eau salée de la chambre ne peut s'étendre jusqu'aux parois latérales. Par l'élargissement progressif des parois du puits sur la hauteur immergée, on constitue donc une nouvelle chambre qui s'épanouit par les lavages successifs et qu'on arrête lorsqu'elle a atteint le contour de la chambre inférieure. Une fois que cette limite est atteinte on remplit la chambre inférieure et cette première chambre à puits d'eau salée et on continue l'exploitation au-dessus de cette dernière par une seconde chambre à puits et ainsi de suite (fig. 118). On peut pousser l'exploitation jusqu'à la limite voulue.

On voit que ce procédé, à l'inverse de l'ancien, a pour but la création de chambres par dissolution et élargissement latéral. Il faut toutefois ajouter qu'il demande plus de surveillance et d'attention.

Il est nécessaire de régler avec soin l'écoulement et l'épuisement de l'eau de façon à ce que le niveau supérieur reste invariable, et qu'en même temps le niveau de l'eau saturée des chambres inférieures reste constant.

Ce procédé a un autre avantage qui consiste en ce que les dépôts argileux se forment sur les fonds de la chambre inférieure et laissent la chambre supérieure libre de tout obstacle à la dissolution, ce qui contribue beaucoup à sa formation régulière.

Ce mode d'exploitation par irrigation au moyen de puits est d'un emploi particulièrement avantageux à Aussee, parce que les couches sont sablonneuses et par conséquent complètement perméables. Le procédé pratiqué dans la mine de Scheuchenstuel est représenté par les figures précédentes.

Une série de troncs de cône superposés à la couche d'eau salée saturée du chantier inférieur ont été successivement attaqués par l'eau. C'est ainsi, par exemple, que dans la première chambre de dissolution cinq de ces cônes ont été représentés.

L'expérience a montré, conformément à la théorie, que la dilution de l'eau salée du chantier inférieur par l'eau de la chambre de dissolution est si insignifiante que les parois de cet étage ne sont pas attaquées.

L'exploitation de la première chambre de la mine Scheuchenstuel a été conduite avec précaution. Les saillies des différentes chambres à puits ont été conservées pour pouvoir mieux démontrer la marche de ce procédé d'exploitation. En exploitation normale ces saillies pourraient être enlevées au moyen de lavages nouveaux et la chambre présenterait alors sensiblement la forme d'un cylindre vertical.

Four salogène des salines de Volterra.

On a vu dans la seconde partie la description générale des chaudières employées dans ces salines pour l'évaporation des eaux de dissolution et la cristallisation du sel. On a installé récemment un four *salogène*, système Emilio Gorgo, qui permet d'opérer rapidement la cristallisation tout en utilisant d'une façon aussi complète que possible et très économique les chaleurs perdues.

Ce four mérite une description détaillée que nous allons donner. Nous reproduisons ici des dessins (fig. 119 et 120) qui permettent de suivre facilement les explications.

Du réservoir général, l'eau salée déjà concentrée pénètre dans une grande caisse A en fer dont les parois sont revêtues de bois et qui est soutenue par des poutres en fer et des colonnes de fonte. Cette caisse est traversée dans toute sa longueur par de gros tubes rectangulaires en plomb B qui traversent les deux parois extrêmes.

Un tube met en communication cette caisse A avec une chaudière cylindrique C dans laquelle passent les eaux salées provenant de A. Un flotteur D agissant sur un robinet

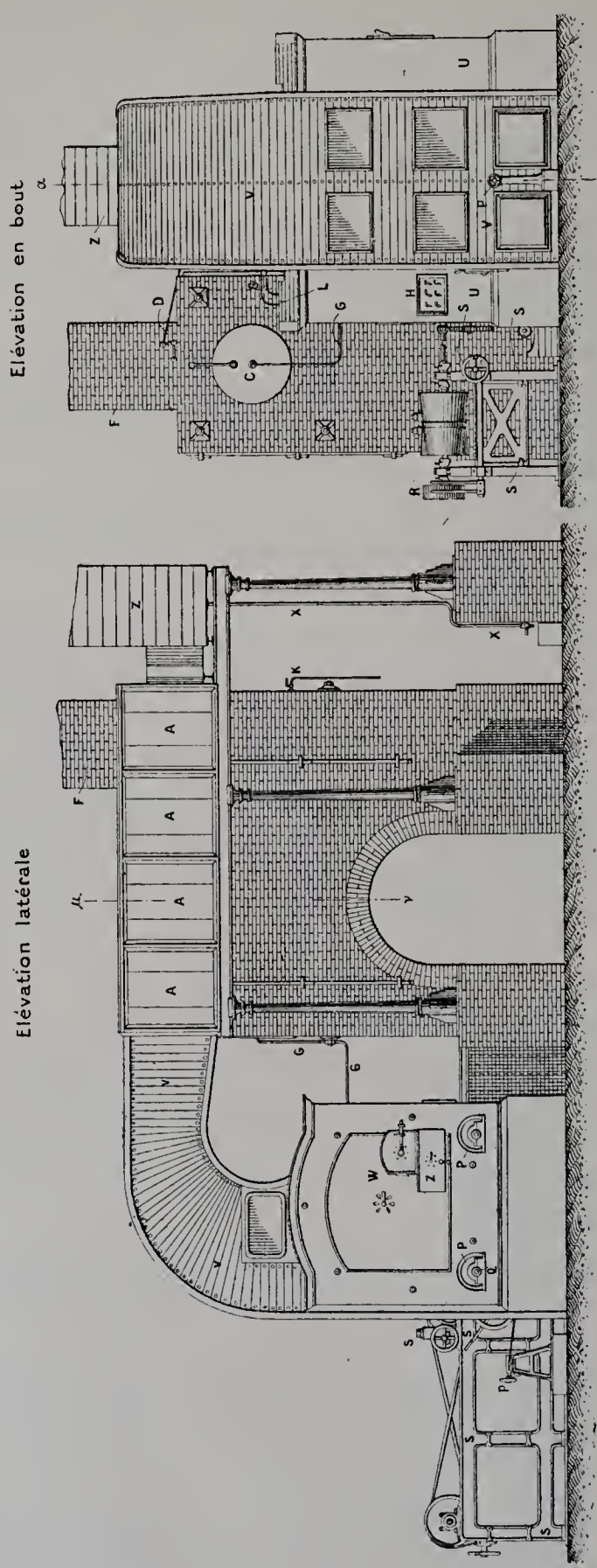


Fig. 119. — Four salogène rotatif, système Gorgo, des salines de Volterra. — Élévations.

placé sur le tube de communication permet de maintenir l'eau de la chaudière à un niveau constant. La chaudière C est placée à l'intérieur d'un massif de maçonnerie; des carneaux longitudinaux E sont ménagés entre la chaudière et le massif. Une des extrémités de la chaudière est découverte et porte un niveau d'eau et un tube G par lequel l'eau sort de la chaudière. Le tube G entre dans le massif U du four salogène dont nous allons parler, et aboutit ensuite au réservoir de distribution I. Il peut être obturé par un robinet placé dans un cadre extérieur H (fig. 120).

Le réservoir de distribution I est placé immédiatement au-dessus du cylindre sécheur N du four. C'est un récipient hermétiquement fermé placé sur deux appuis en fonte portés par la maçonnerie du four. Tout le long du fond, sont percés en ligne droite une série de trous dans lesquels pénètrent des tubes en plomb dont l'extrémité intérieure au réservoir est recourbée pour former siphon.

Dans la partie verticale de chaque tube sont placées de petites baguettes de verre d'environ 0 m. 08 de long, en quantité suffisante pour remplir complètement le tube. Ce dernier se termine par un disque en plomb percé d'un petit trou. Le réservoir I porte en plus

de l'ouverture du tube G qui y aboutit, deux autres orifices; le premier L correspond à un tube qui aboutit à deux robinets placés dans le cadre H et qui permettent de le mettre en communication, soit avec une pompe à air, soit avec un serpentin immergé dans l'eau froide; le second M correspond à un tube M et sert pour vider le récipient I quand cette opération est nécessaire.

On peut installer un, deux et même trois récipients semblables au-dessus du cylindre N du four. L'eau salée qui arrive de la chaudière C remplit le récipient et passe par les siphons qui les répandent en nappe régulière sur le cylindre N; nous verrons plus loin les opérations qui permettent le fonctionnement de ce récipient.

Le cylindre N (fig. 120) est placé directement en dessous des récipients I. Il est constitué par des plaques de fonte émaillées réunies à l'intérieur par des boulons. Les plaques sont fixées, sur les deux bords du cylindre, à deux grands cercles en fonte O au moyen de grosses vis.

Le cylindre N est supporté par quatre galets P, P′ sur lesquels portent les cercles O. Ces galets sont mis en mouvement par la poulie R et une transmission par poulies coniques, arbre et paliers S. En tournant, les galets P, P′ entraînent par friction le cylindre O N autour de son axe virtuel.

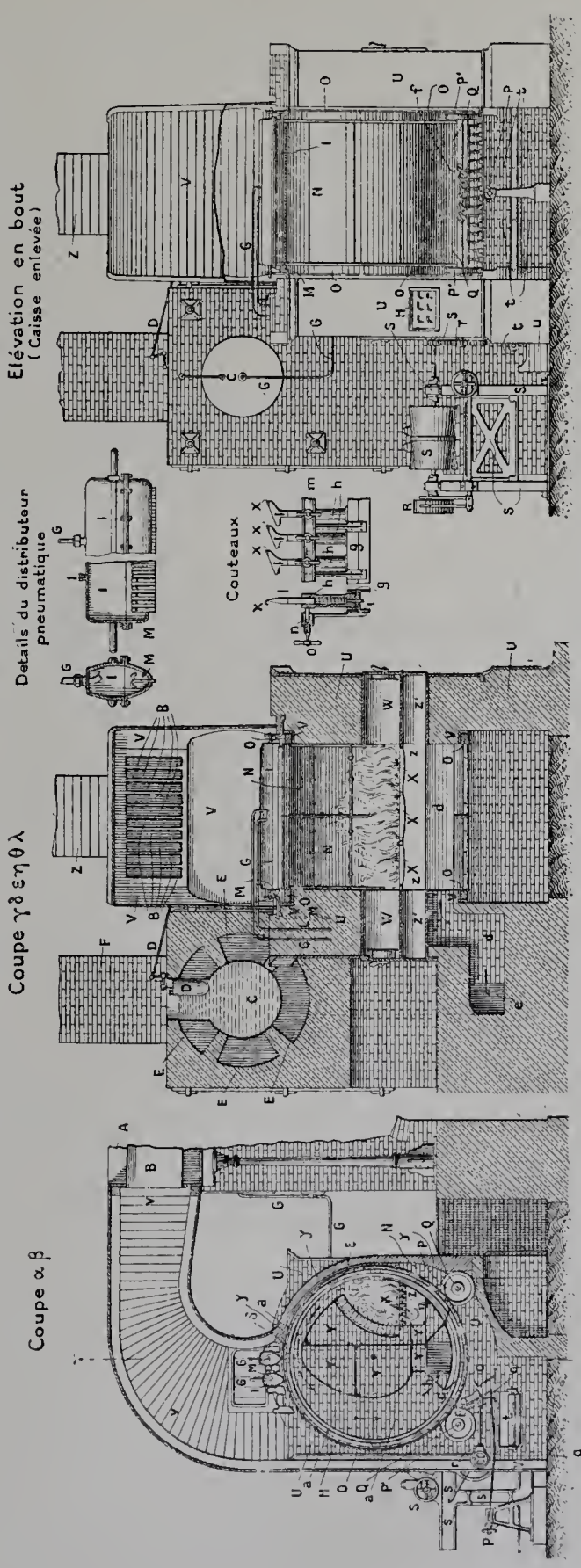


Fig. 120. — Four salogène rotatif, système Gorgo. — Coupes diverses.

Ce cylindre est enfermé entre deux massifs de maçonnerie V dans lesquels sont fixés deux fers cornières V circulaires, qui entrent à l'intérieur des cercles O du cylindre ON avec un très faible jeu, suffisant pour que le cylindre ne les heurte pas en tournant.

A l'intérieur de ce cylindre se trouve le foyer composé d'une grille X, d'un cendrier Z et d'une portion de voûte circulaire qui renvoie les gaz le long de la paroi du cylindre (fig. 120). Des tôles de fer fixées dans le massif V déterminent deux chambres : l'une Y, centrale, ou chambre à air; l'autre chambre périphérique, *a*, sert de passage aux gaz du foyer qui sont ainsi forcés de suivre les parois du cylindre comme les flèches l'indiquent, avant de pénétrer par une fenêtre *b* dans le carneau inférieur percé dans la maçonnerie du massif. Les gaz passent de l'ouverture *a* dans le conduit *e* ménagé dans le massif qui contient la chaudière, vont ensuite réchauffer cette dernière en s'écoulant par les carneaux E d'où ils se rendent à la cheminée F. A l'aplomb du foyer se trouvent, de chaque côté, deux ouvertures W et Z'; les ouvertures W servent à l'introduction du combustible sur le foyer et les ouvertures Z' correspondent au cendrier, elles permettent de le vider lorsque cela est nécessaire.

En dessous du cylindre ON se trouve en *f* une batterie de couteaux destinés à s'appuyer contre sa paroi externe pour en détacher le sel. Le détail de ce dispositif est représenté par la figure 121. Il se compose de deux fers en V accouplés *g*, sur lesquels sont montés des cylindres *h* en fer creux contenant les couteaux. Ces derniers sont formés par une lame oblique *l* dont la pointe extrême est recourbée en forme de cornet X; la lame est portée par une tige qui entre dans le cylindre *h* en appuyant sur un ressort à boudin; la tige se prolonge par une autre plus fine qui traverse le fond du cylindre et les fers couplés sur lesquels elle est retenue par un écrou *i*. L'extrémité supérieure des cylindres *h* appuie sur une tige *n* qui leur est perpendiculaire et qui est maintenue par un ressort commandé par une clé *o*. On voit que les couteaux ont une certaine élasticité dans deux sens qui leur permet de s'appliquer très exactement sur la surface du cylindre. Les fers couplés *g* sont montés par pivot sur un coussinet mobile sur son appui, suivant un arc de cercle. Un volant *p* manœuvré du dehors permet par le tirant *qq'* d'appliquer les couteaux ou de les écarter, les fers *g* tournant autour de leur axe. Un levier extérieur *s* commande un excentrique *r* qui déplace le coussinet sur son guide circulaire, ce qui permet aux couteaux de prendre l'inclinaison voulue sur le cylindre.

En dessous de ces couteaux se trouve une toile de transport *t* destinée à recevoir les produits qui se détachent du cylindre et à les transporter hors du four dans une caisse *u*.

Le four salogène est complètement enveloppé dans une caisse en bois *v*, qui se recourbe à sa partie supérieure pour aboutir aux caisses A traversées par les tubes B.

Fonctionnement. — Le four fonctionne de la façon suivante : les caisses A et la chaudière cylindrique C étant remplies d'eau salée, on chauffe provisoirement C au moyen d'un foyer placé à la base de sa maçonnerie. On met ensuite le feu au foyer du four rotatif. On met ensuite le cylindre en mouvement avec une vitesse relativement accélérée, jusqu'à ce que sa température soit suffisante (elle ne doit pas dépasser 140 degrés).

On ralentit alors, et on fait passer l'eau salée de la chaudière C (où elle a dû atteindre la température d'environ 95°) dans le distributeur I en ouvrant le robinet du tableau H correspondant au tube G; on remplit ce distributeur. Aussitôt que les siphons se sont amorcés, on met le tube L en relation avec la pompe à air et on établit au moyen de cette dernière un vide suffisant pour faire équilibre à la longue branche des siphons. L'émission de ces derniers est donc arrêtée. On met alors le tube L en communication avec le serpentin condensateur qui permet de conserver la dépression créée par la pompe en conduisant les vapeurs émises par l'eau salée chaude du récipient.

En réglant cette dépression on peut donc régler par cela même l'émission des siphons sur le cylindre ON. La couche d'eau salée ainsi versée s'évapore très rapidement sur le cylindre tournant le sel se dépose, détaché par les couteaux inférieurs, et tombe sur la toile qui les transporte dans la caisse extérieure *u*.

Si on suit la marche des gaz chauds on voit que ceux-ci, après avoir chauffé le cylindre ON, vont entourer la chaudière qu'ils portent à 95 degrés, et sortent à la cheminée ayant abandonné la plus grande partie de leur chaleur.

D'autre part, les vapeurs qui s'échappent constamment de la surface extérieure du cylindre tournant, montent dans le revêtement V et traversent les tubes en plomb B par l'intermédiaire desquels elles réchauffent l'eau contenue dans la caisse A. Elles s'y condensent en partie ainsi qu'à leur sortie dans la cheminée Z. Les eaux de condensation peuvent être recueillies par le tube X qui part du fond de cette cheminée.

On voit donc que les chaleurs sont utilisées aussi complètement que possible; et, en fait, l'usage de cet appareil serait, dit-on, assez économique.

Ce four fonctionne d'ailleurs depuis peu de temps et nous regrettons de ne pouvoir donner de chiffres au sujet du rendement et du prix de revient des opérations.

En tous cas, il contient des dispositifs très ingénieux et qui méritent de retenir l'attention, en attendant la sanction de la pratique.

Méthodes d'exploitation des Ardoisières et leur modification par le système dit «en remontant».

On sait que les méthodes d'exploitation des gisements ardoisiers, toujours quasi-verticaux (fig. 121), de la Mayenne et du Maine-et-Loire, sont au nombre de trois :

1° Méthode à ciel ouvert;

2° Méthode souterraine par gradins droits, dite *en descendant;*

3° Méthode souterraine par gradins renversés, dite *en remontant.*

Les deux premières de ces méthodes ont été longuement décrites, tant par M. A. Blavier, ingénieur au corps des mines (*Essais sur l'industrie ardoisière d'Angers*, 1863), que par M. Ichon, également ingénieur au corps des mines (*Notice sur l'exploitation souterraine des ardoisières d'Angers*, 1890). Elles se ramènent d'ailleurs à une seule, puisque, suivant une expression très juste, les carrières souterraines exploitées

par la méthode *en descendant* ne sont en réalité que des « carrières à ciel ouvert sous voûte ».

Il est donc inutile de décrire à nouveau ces anciennes méthodes; il suffit de rappeler en quelques mots leurs inconvénients et leurs dangers.

La *méthode à ciel ouvert* n'est praticable, en raison des frais énormes de la découverture, que lorsque le schiste commence à devenir fissile à une distance relativement faible de la surface. Cette méthode est dans tous les cas essentiellement provisoire et précaire, non seulement parce qu'elle n'est applicable qu'aux affleurements du gîte, étant, de sa nature même, limitée en profondeur par la convergence des parois, mais surtout parce que l'exploitation est toujours à la merci d'un mouvement de terrain qui,

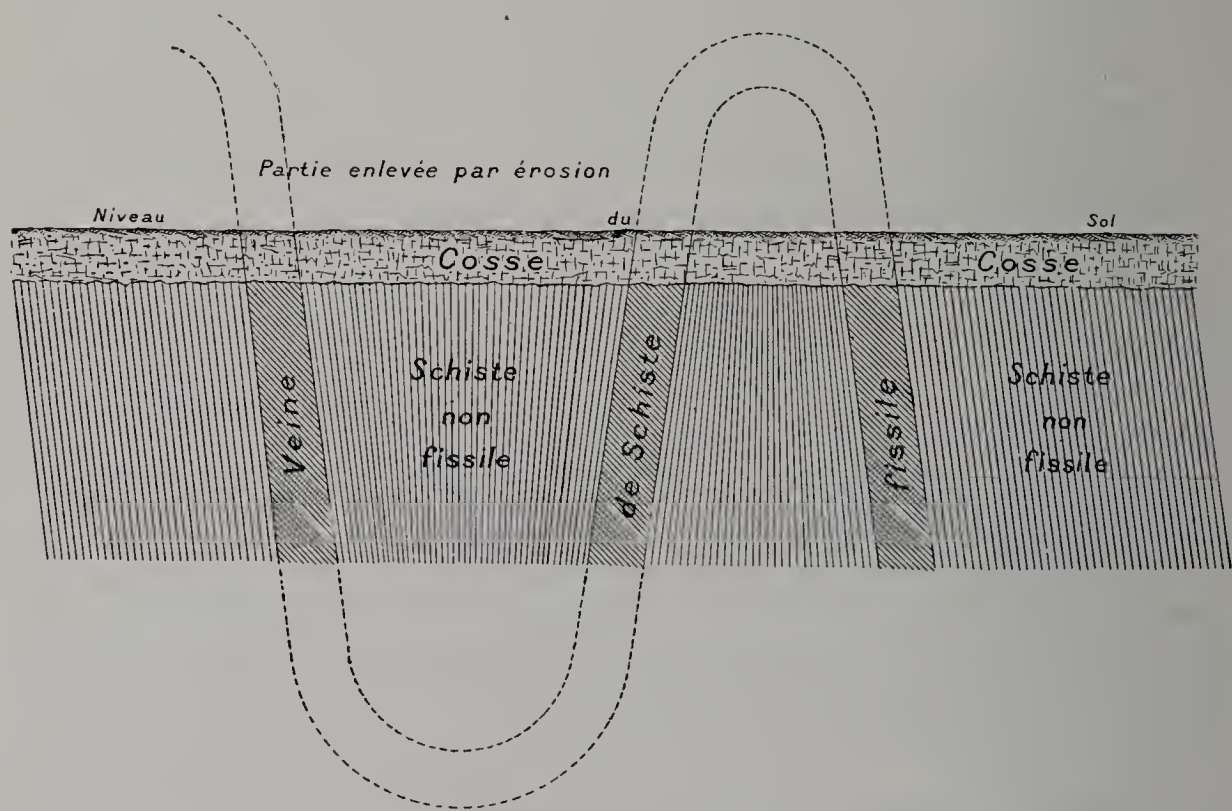


Fig. 121. — Coupe verticale Nord-Sud d'une veine ardoisière dans le terrain silurien de l'Anjou.

sauf circonstances exceptionnelles, finit tôt ou tard par se produire. En fait, les éboulements sont inévitables et ont anéanti avant l'heure la plupart des découverts. Si la cassure donnant lieu au glissement va passer sous le chef où sont installées les machines, c'est la perte des installations de surface en même temps que celle du fond exploité. Il est vrai que les grandes chutes se sont souvent annoncées à l'avance et n'ont, par suite, généralement pas occasionné d'accidents de personnes; mais elles n'ont pas toujours pu être prévues et les éboulements de détail ont, d'autre part, été assez meurtriers.

Quant à la *méthode en descendant sous voûte,* elle avait essentiellement pour objet de permettre, au moins théoriquement, l'exploitation indéfinie du gîte en profondeur, par le moyen d'une série de chambres ouvertes successivement les unes au-dessous des autres; mais elle n'a réalisé, au point de vue de la sécurité, aucun progrès sur la mé-

thode précédente, dont elle ne diffère que par la période préparatoire, dans laquelle le travail de la découverture est remplacé par le fonçage du puits et l'ouverture de la voûte. Tout au contraire, la méthode en descendant sous voûte est incontestablement plus dangereuse, en raison des difficultés beaucoup plus grandes que présente la surveillance, l'éclairage le plus intense n'étant jamais suffisant pour assurer un examen efficace de toutes les parties de la chambre, d'autant que cet examen se fait nécessairement à distance pour la plupart des points. Aussi cette méthode a-t-elle donné lieu à de graves accidents et doit-elle être considérée comme définitivement condamnée par l'expérience : il est cependant possible que l'on soit amené à en faire encore quelques applications isolées, mais dans des cas tout à fait exceptionnels et à la condition de faire décroître rapidement la section de la chambre descendante, aux dépens du rendement total de l'exploitation.

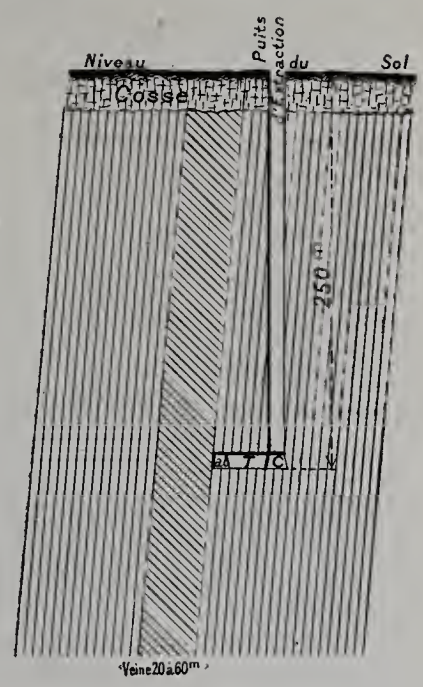


Fig. 122. — Coupe verticale en travers d'une veine de 20 à 60 mètres de puissance et du puits d'extraction.

La *méthode montante,* aujourd'hui admise en principe, sinon encore intégralement employée par tous les exploitants, est basée sur l'emploi des remblais et l'abatage par gradins renversés. Elle a comporté jusqu'ici diverses modalités. La forme la plus complète de la méthode est celle que l'on rencontre dans les ardoisières de la Société de l'Anjou, et que nous allons décrire ci-après, en examinant tout d'abord le cas d'une veine de puissance moyenne, c'est-à-dire ne dépassant pas 60 mètres d'épaisseur.

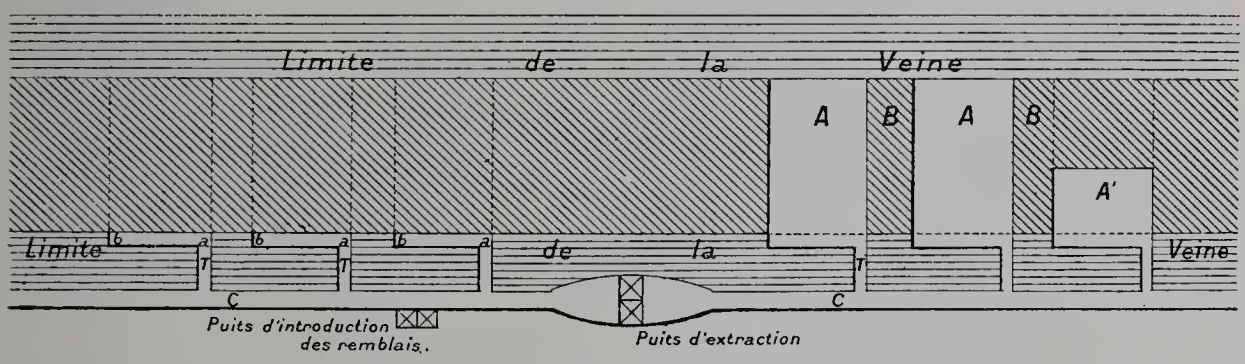


Fig. 123. — Plan représentant les diverses phases de l'ouverture des chambres.

C. Collectrice.
T. Travers-bancs.
a-b. Galeries en fil de pierre ayant la longueur des chambres.
B. Bardeaux.
A. Chambre entièrement ouverte.
A'. Chambre.

Les *travaux préparatoires* (fig. 122 et 123) comprennent :

1° Le fonçage — jusqu'à la profondeur à partir de laquelle l'exploitation doit remonter — d'un puits à grande section, placé en dehors et à proximité de la veine, toujours presque verticale, ainsi qu'il a été déjà dit.

2° Le traçage de la collectrice de base, c'est-à-dire d'une galerie en direction, parallèle à la veine fissile, et sur laquelle, une fois le pilier de protection du puits dépassé, on branche des recoupes équidistantes poussées jusqu'à la veine; leur équidistance est égale à la longueur à donner, suivant le fil de pierre, aux chambres d'exploitation, augmentée de l'épaisseur des bardeaux séparatifs à réserver entre deux chambres voisines.

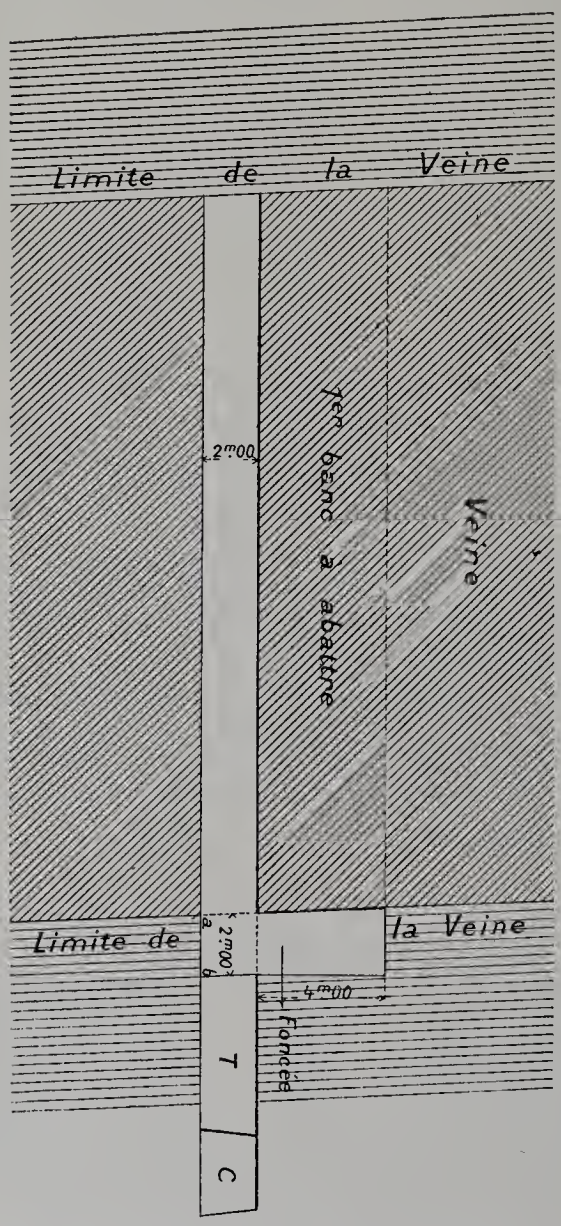


Fig. 124. — Coupe verticale d'une chambre normalement au fil de pierre pour montrer la foncée du premier banc.

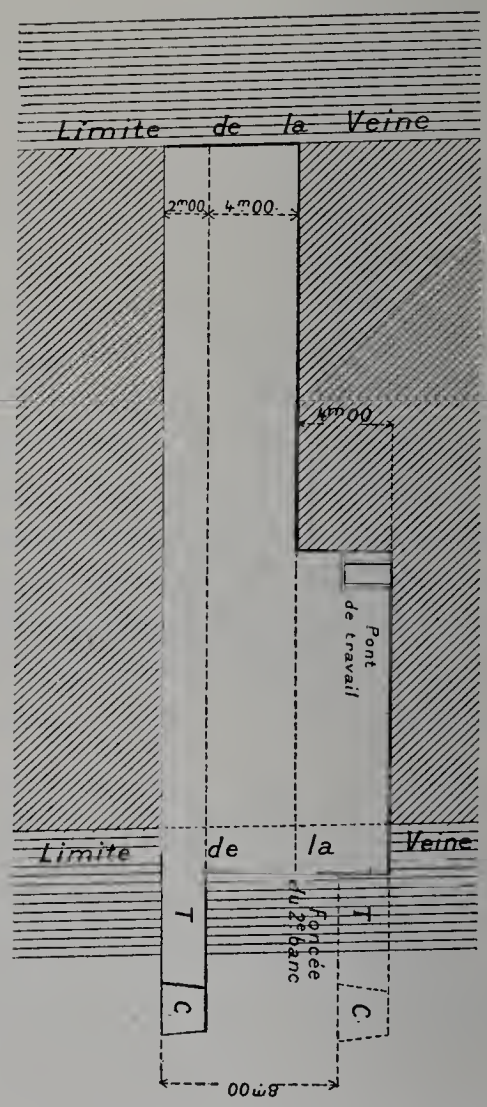


Fig. 125. — Coupe d'une chambre pour montrer l'abatage du 2e banc d'une tranche et la création du réseau de galeries de la tranche suivante.

A l'extrémité de chacune de ces recoupes on trace ensuite, en dehors et le long de la veine, une galerie en cul-de-sac sur toute la longueur de la chambre à ouvrir.

3° Le havage général du champ d'exploitation, c'est-à-dire l'ouverture des voûtes qui se fait en partant des galeries ci-dessus et battant au large sur environ 2 mètres de hauteur, jusqu'à la limite de la veine.

Pour éviter la remonte des stériles pendant la période des travaux préparatoires, et

surtout pour hâter la mise en valeur du gisement, on exploite habituellement par une foncée descendante de 4 mètres de profondeur un banc de schiste ardoisier au sol des chambres nouvellement ouvertes. Le vide ainsi créé dans une chambre est remblayé avec les stériles provenant de l'ouverture de la chambre voisine.

L'*exploitation proprement dite* se fait par grandes tailles horizontales en travers, chaque taille ayant une hauteur de 4 mètres et un front égal à la longueur en direction de la

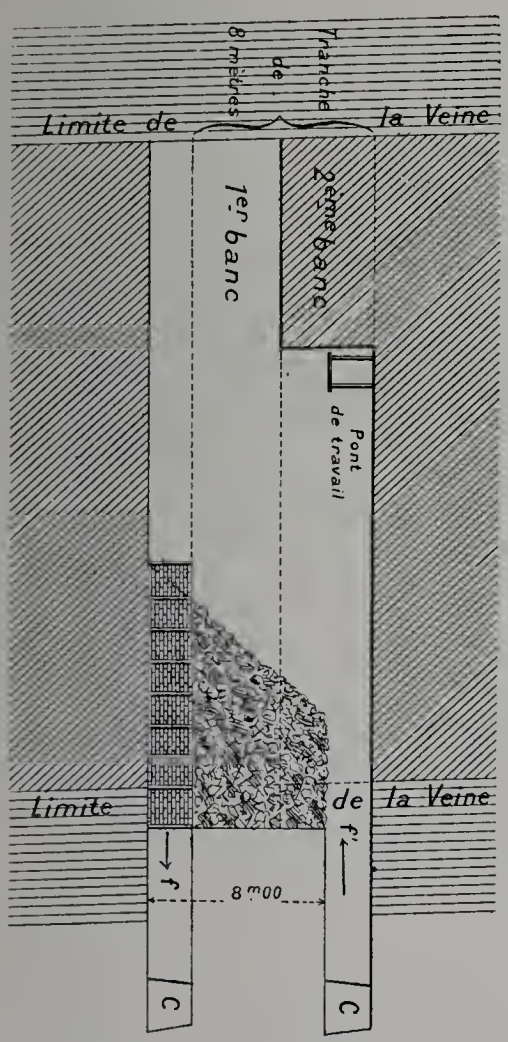


Fig. 126. — Remblayage d'une tranche de 8 mètres pendant l'enlèvement de son second banc.
f, sortages des produits utiles. — *f'*, arrivée des remblais.

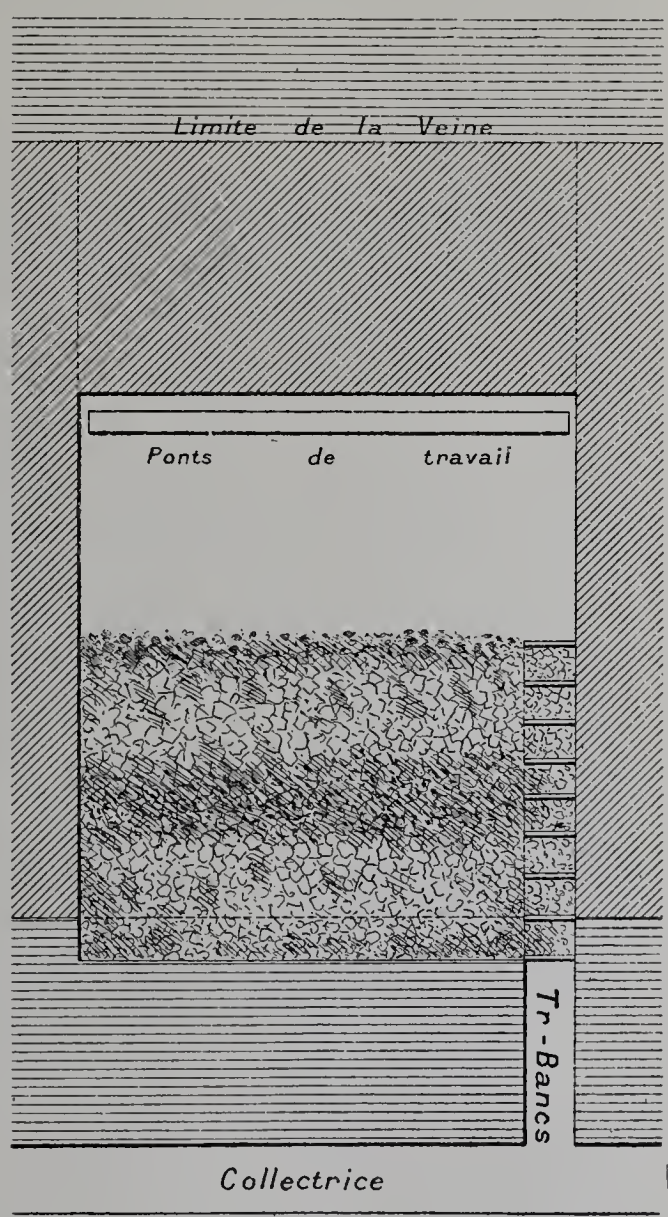


Fig. 127. — Vue en plan d'une chambre pendant le remblayage et l'abatage du second banc en supposant la voûte enlevée.

chambre. La taille est attaquée (fig. 124) par une foncée verticale de même hauteur et de 2 mètres de largeur, habituellement superposée — sauf conditions particulières — à la galerie en cul-de-sac tracée en dehors et le long de la veine, en vue de l'ouverture de la voûte initiale. Les ouvriers travaillent sur des passerelles solidement suspendues au ciel des chambres.

Les sous-étages d'exploitation sont de deux tailles, soit 8 mètres de hauteur. Tandis que l'on abat (fig. 125), dans les mêmes conditions que le premier, le second banc de 4 mètres, on trace, en partant de chaque chambre, de niveau avec la voûte laissée par l'abatage du second banc, c'est-à-dire à 8 mètres au-dessus de la collectrice de base, un réseau de galeries de roulage (recoupes et collectrice) superposé au réseau primitif. C'est par la collectrice supérieure qu'arrivent les remblais de la surface, introduits au moyen d'une balance placée soit dans un petit puits spécial, soit dans un compartiment du puits d'extraction. La hauteur d'une chambre sous voûte se trouve ainsi varier, suivant la période de l'exploitation du sous-étage, de 2 à 10 mètres, pour être de nouveau réduite à 2 mètres lorsque le remblayage (fig. 126 et 127) du sous-étage est terminé. Pendant

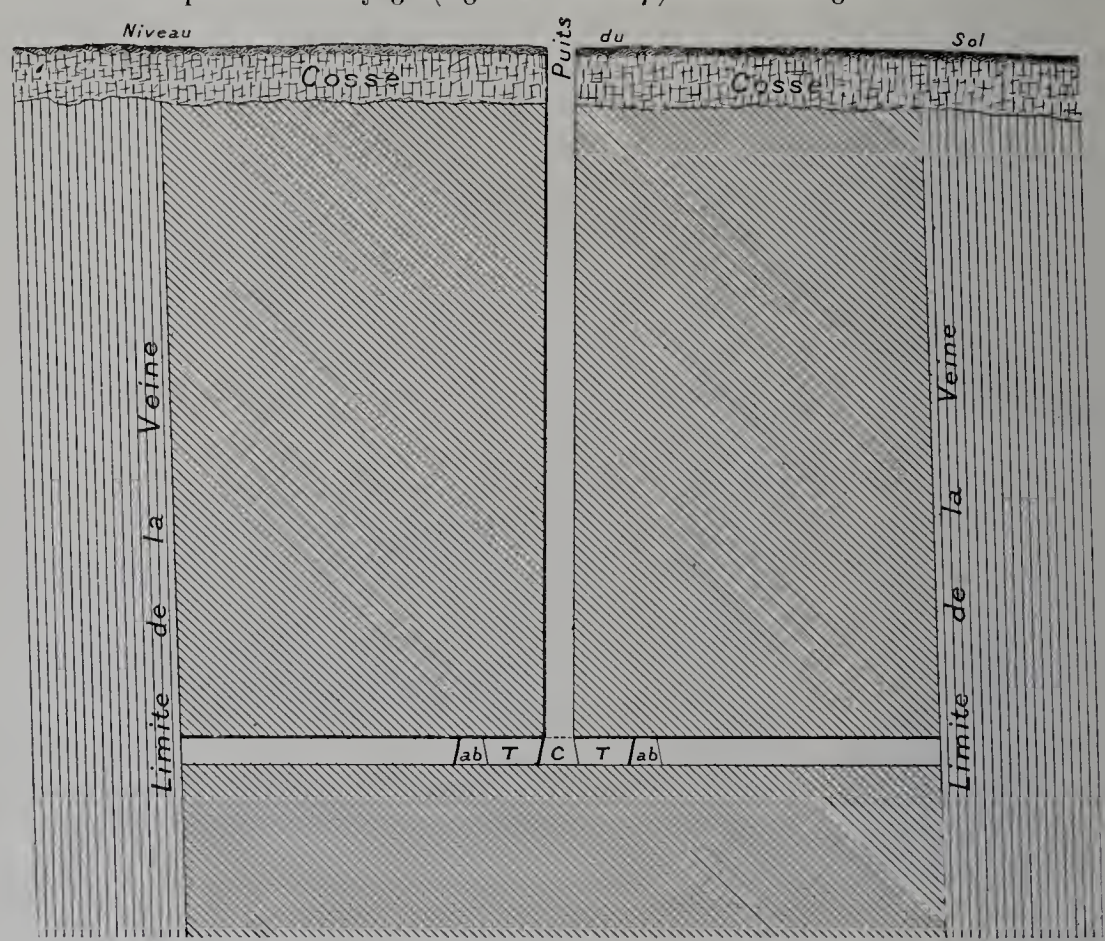


Fig. 128. — Vue en coupe des travaux préparatoires dans une veine de plus de 60 mètres d'épaisseur.

l'exploitation du second banc, un passage boisé est maintenu dans les remblais pour le sortage des produits au niveau de la collectrice inférieure. Les manutentions dans les chambres se font au moyen de treuils électriques.

Lorsque la puissance de la veine dépasse 60 mètres, l'exploitation est conduite de la même manière, avec cette seule différence que le puits et les traçages sont faits dans la veine (fig. 128), en utilisant autant que possible les passées de schiste les moins fissiles. Deux séries de chambres peuvent alors être desservies par la même collectrice (fig. 129).

Ainsi qu'on l'a dit déjà, le principe de l'abatage du schiste par gradins renversés avec emblayage a été appliqué suivant diverses variantes.

Une *solution de transition* (fig. 130), que certains ont critiquée au point de vue de la sécurité, se rencontre encore dans les Ardoisières d'Angers. Elle consiste à utiliser d'anciennes chambres descendantes dans les parois ou les chefs desquelles on ouvre, à peu de distance, une ou plusieurs chambres destinées à être exploitées en remontant et à être remblayées en même temps que la première, avec laquelle elles communiquent par de larges ouvertures à chaque foncée. Souvent même (et c'est le cas dans un fond encore en exploitation à la carrière des Fresnais) la chambre montante est immédiatement contiguë à la grande chambre descendante, créant ainsi, sur une des parois de celle-ci, un porte-à-faux gigantesque. Mais, en laissant même de côté cette pratique à laquelle on réserve spécialement le nom de « méthode mixte », la méthode de transition

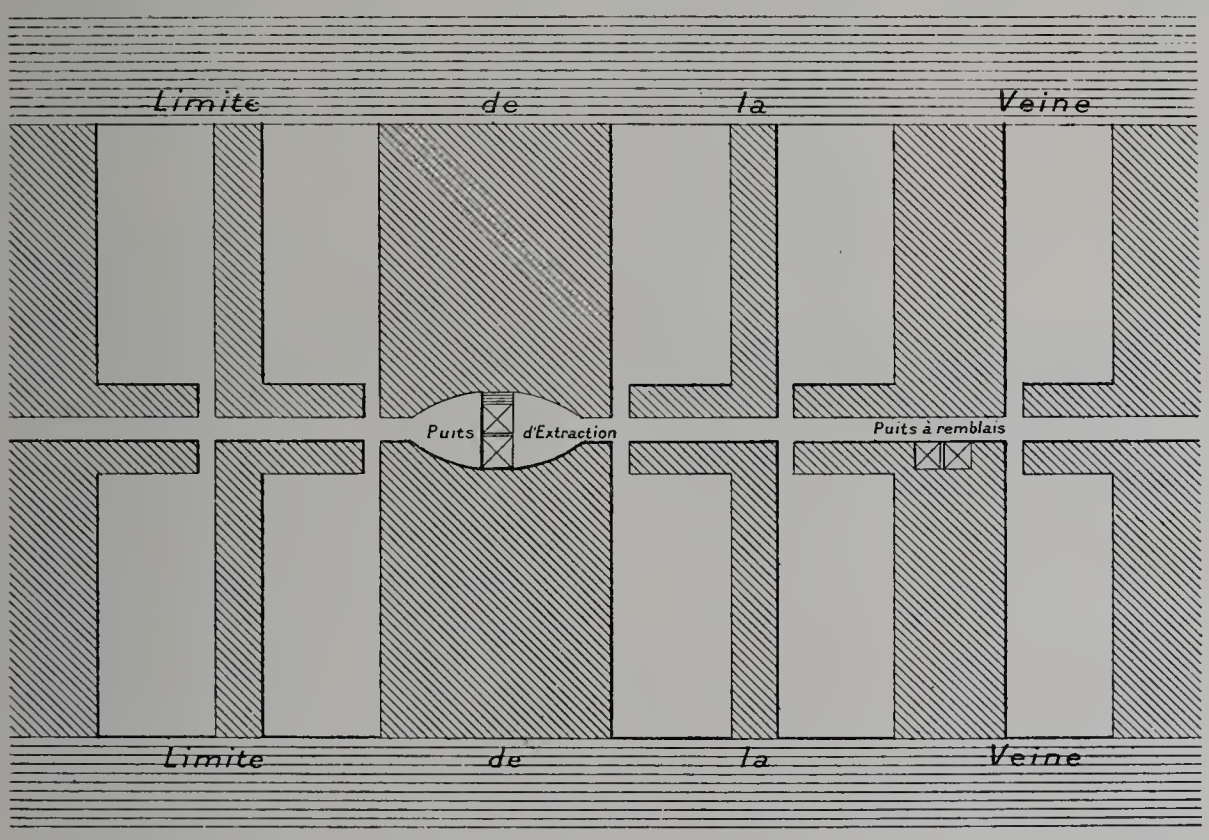


Fig. 129. — Plan d'ensemble d'une exploitation avec deux jeux de chambres symétriques.

que nous venons de décrire paraît présenter sur la méthode intégrale en remontant les inconvénients suivants :

1° Elle est médiocrement avantageuse au point de vue économique, en raison du trop petit nombre de chambres montantes desservies par un même orifice d'extraction et de leur dépendance mutuelle qui constitue une gêne sérieuse pour le roulage et le remblayage;

2° Elle laisse subsister, jusqu'à la fin de l'exploitation montante, le danger des hautes parois, peu à peu atténué il est vrai par le remblayage progressif de la grande chambre descendante, mais aggravé par l'ébranlement résultant de l'exploitation montante elle-même, pratiquée derrière de faibles bardeaux séparatifs.

Cette méthode n'a été en fait qu'un expédient permettant d'exploiter à bref délai et sans travaux préparatoires des massifs d'étendue irrégulière et de dimensions restreintes, compris entre d'anciens fonds descendants plus ou moins enchevêtrés; elle paraît d'ailleurs devoir être abandonnée, lorsque les exploitations encore existantes seront arrivées à leur terme, pour être remplacée par la méthode intégrale.

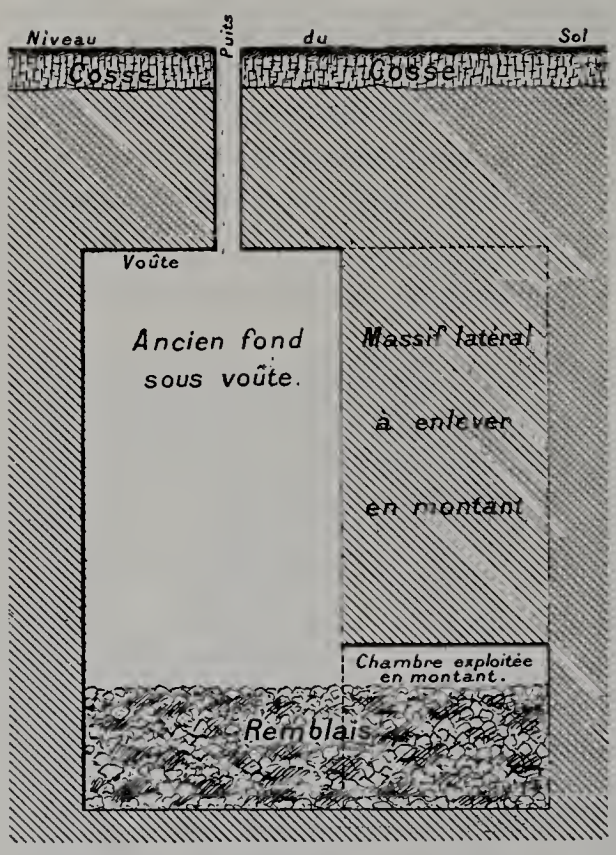


Fig. 130. — Coupe suivant la direction de la veine d'une exploitation par remblais latéralement à un ancien fond sous voûte.

De même, les exploitants de La Forêt paraissent avoir définitivement renoncé au système des puits intérieurs, suivant lequel ils avaient tout d'abord appliqué la méthode montante.

On peut résumer comme suit les *avantages de la nouvelle méthode*, dans sa modalité la plus complète :

1° Un seul siège d'extraction puissamment outillé dessert un champ d'exploitation considérable, tandis qu'il fallait jadis une installation complète, chevalement, machine et chaudière, pour chaque fond descendant.

2° L'abatage par gradins renversés se fait mieux et avec une moindre consommation d'explosifs; on n'a plus à pratiquer les opérations coûteuses du rangement des écots de la coupe des chefs et du chevillage des parois. Les déchets inutilisables sont laissés sur place et fournissent une partie des remblais, tandis qu'avec la méthode descendante on se trouve dans l'obligation d'extraire tout le schiste abattu et d'immobiliser sous ces stériles, joints aux déchets du fendage, de vastes étendues à la surface.

3° L'exploitation montante présente beaucoup plus de régularité et de stabilité. Les chambres étant indépendantes, l'arrêt de l'une d'elles, à la suite d'un accident ou pour toute autre cause, n'affecte pas la production d'une manière sensible. Il est d'ailleurs toujours possible de revenir exploiter cette chambre à un niveau supérieur. La méthode continue également d'être applicable lorsque l'inclinaison de la veine change ou que les dimensions de la chambre se trouvent modifiées par des accidents, tandis qu'avec la méthode descendante le rétrécissement de la section finit par entraîner l'arrêt des travaux.

4° La méthode montante supprime le danger des hautes parois, c'est-à-dire la cause principale des catastrophes; elle donne des facilités plus grandes à la surveillance et à l'entretien des ouvrages souterrains, et par suite des garanties plus sérieuses à la sûreté

des personnes et des choses. La voûte, constamment renouvelée, n'occasionne pas les accidents que l'on aurait pu craindre *a priori* (non plus que le débitage des grosses pièces au fond pourvu que la surveillance soit suffisamment active). On a prêté à un partisan de la méthode descendante ce propos « que la méthode montante tuerait les ouvriers en détail au lieu de les tuer en masse ». L'expérience a démontré qu'il n'en est rien, à la condition que cette méthode soit appliquée d'une façon intégrale et qu'il y ait notamment indépendance absolue des chambres tant au point de vue du remblayage qu'à celui de l'exploitation.

IMPRIMERIE NATIONALE.

CHAPITRE V.

MACHINES D'EXTRACTION. — CÂBLES D'EXTRACTION.

Depuis que, au fur et à mesure de l'extension de la production, certains bassins houillers, tels que ceux du Nord de la France et de Westphalie, se voient dans l'obligation d'exploiter des couches de plus en plus profondes, un certain nombre de problèmes nouveaux se sont posés, problèmes assez difficiles à résoudre, concernant les conditions de ces nouvelles exploitations à grande profondeur. Bien des discussions se sont engagées à ce sujet et nous ne pouvons que les signaler ici; elles sont trop complexes pour recevoir le moindre développement dans ce rapport dont elles dépassent le cadre; d'ailleurs les comptes rendus des travaux du Congrès des Mines et de la Métallurgie exposent suffisamment en détail cette question telle qu'elle se posait en 1900. On trouvera dans ces comptes rendus des travaux importants faits par des autorités en la matière : nous citerons ceux de MM. L. Stassart, Hraback et Poussigue.

Toutefois, la préoccupation si actuelle des moyens propres à réaliser cette nouvelle exploitation s'est révélée à l'Exposition par l'envoi de quelques nouveaux systèmes d'extraction et de machines dont nous devons rendre compte. Ceci ne concerne d'ailleurs que quelques côtés particuliers de cette importante question.

On sait que, lorsque la profondeur du puits d'extraction dépasse une certaine limite les câbles doivent supporter non seulement le poids de la cage en charge, mais encore leur propre poids, dont l'importance peut devenir alors très grande. On emploie dans ce cas des câbles ronds à diamètres variables qui ne peuvent être enroulés que sur des tambours cylindriques ou coniques.

Les tambours cylindriques sont simples et donnent un bras de levier constant pour enlever la charge. Mais ils nécessitent, pour régulariser le travail à fournir par la machine, un système d'équilibrage des câbles. Ils ont, de plus, le défaut sérieux de provoquer l'obliquité du câble entre le tambour et la poulie-molette, par rapport au plan d'enroulement sur le cylindre, et au plan de la molette. La machine Morgans résout cette difficulté en employant un dispositif permettant le déplacement du tambour sur un solide bâti, parallèlement à son axe, de façon que le câble reste toujours dans le plan de la poulie-molette.

Les tambours coniques sont plus difficiles de construction, ils remédient en partie à l'augmentation de la charge résultant du poids du câble déroulé dans le puits, par la variation du bras de levier. Dans ce but le câble s'enroule dans une gorge hélicoïdale portée par la surface conique du tambour. Cependant la difficulté de l'obliquité du câble par rapport au plan d'enroulement subsiste toujours en partie. Nous ne citons ici ce système que pour mémoire, car il n'a pas été présenté à l'Exposition; ce qui est à regretter, car il est employé dans un certain nombre de mines.

On trouvera des données intéressantes à ce sujet dans les travaux du Congrès.

L'équilibrage du câble est une question importante qui a fait l'objet de bien des études. Un certain nombre de systèmes ont été proposés et réalisés, en particulier en Allemagne. Nous étudierons ici la solution proposée par un ingénieur français, M. Desprèz, qui, quoique n'ayant pas encore été mise en pratique, mérite de retenir l'attention par son ingéniosité.

La question des machines d'extraction a été très étudiée depuis 1889. Nous verrons deux types de ces machines, l'une d'elles mérite une mention particulière, c'est celle des mines d'Anzin, qui réalise pour la première fois l'application du compoundage aux machines d'extraction. Ce type est bien conçu en vue des conditions qu'on impose à ce genre de machine. Toutefois l'expérience n'a pas encore donné de résultats qui permettent de juger cette innovation devant laquelle on avait reculé jusqu'ici. La machine ne devait être mise en marche qu'en 1901.

Enfin, nous passerons en revue un certain nombre de treuils de mines nouveaux, dont quelques-uns sont mus par l'électricité. Ces derniers prennent de plus en plus d'extension depuis que les installations électriques se développent dans les mines; c'est pourquoi nous avons tenu à en rendre compte le plus complètement possible.

Système Desprez pour extraction à grande profondeur.

M. Desprez, ingénieur civil des mines, exposait un système de compensation très ingénieux.

La disposition qu'il préconise (car elle n'a pas encore été réalisée en pratique) est la suivante (fig. 131) :

Les deux câbles viennent s'enrouler sur un tambour cylindrique de largeur réduite. Ils sont enroulés en sens inverse et circulent côte à côte dans les mêmes spires, comme le montre le schéma ci-joint. Le système de compensation qui permet l'équilibre se compose d'un câble sans fin qui s'enroule sur le tambour entre les deux câbles d'extraction, en faisant deux tours seulement. Il se déplace parallèlement aux deux câbles. Il passe ensuite sur deux poulies et pend dans le puits ou dans un puits voisin. Sa boucle inférieure E descend jusqu'à la moitié de la hauteur d'extraction. A un point de ce câble est attachée une chaîne qui pend aussi dans le puits en faisant une boucle B et dont l'autre extrémité est attachée à un point fixe C, tel que la distance AB est égale au quart de la hauteur d'extraction.

On voit que dans la position de la figure la portion de chaîne AB fait équilibre à la partie XY du câble aboutissant à la cage du fonds. Lorsque les cages se rencontrent, le point A est en E et la chaîne toute entière est supportée par l'attache extérieure C. Le mouvement continuant, le point A remonte sur EF et fait équilibre de nouveau à l'autre câble descendant.

Ce système est simple, et il est facile de calculer le poids du mètre courant de la chaîne nécessaire pour obtenir cet équilibre dans les deux hypothèses où les câbles sont

à section constante et où, au contraire, ils sont à section progressive. Dans ce dernier cas le câble AEF est formé de deux tronçons diminués reliés en E par leur gros bout, quand les cages sont en rencontre.

Il est une profondeur qu'on ne peut dépasser avec ce système. En effet, la longueur maximum d'une chaîne à section uniforme ne supportant que son propre poids a été calculée par M. Desprez; elle est de 590 mètres. Comme la figure le montre, cette lon-

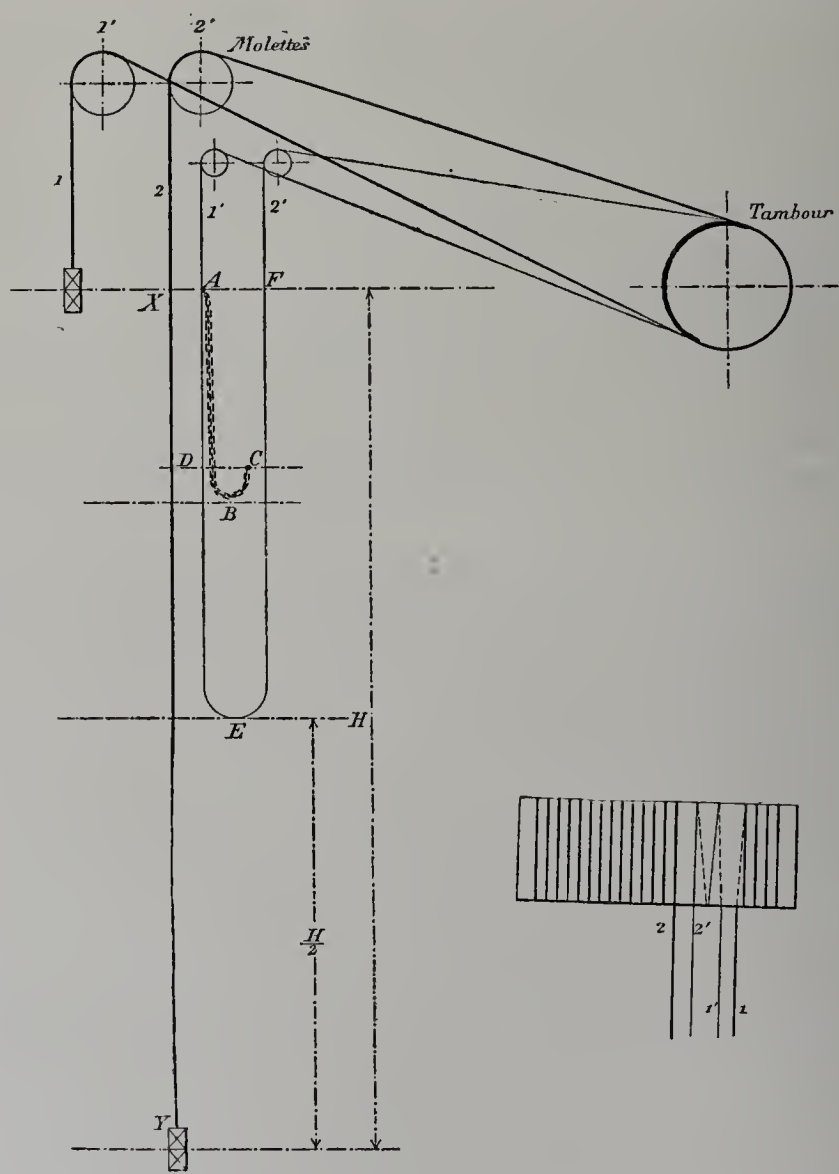


Fig. 131. — Extraction à grandes profondeurs. — Schéma du système Desprez.

gueur représentant le quart de la profondeur totale d'extraction, celle-ci ne pourra donc être supérieure à 2,300 mètres.

Ce système permet de placer le dispositif d'équilibrage derrière les moises de guidages ou dans un puits voisin. En raison de sa longueur relativement faible, qui ne dépasse pas 500 mètres, le flottement et le ballottement du câble d'équilibre sont très diminués.

On peut opérer, dans le dispositif présenté par M. Desprez, le coupage systématique de la patte des câbles d'extraction et un changement de niveau des recettes. Dans ce

but, on fixe l'extrémité des câbles d'extraction, non pas sur la jante du tambour, mais sur une poulie fixée au tambour et portant la réserve. Chaque câble d'extraction possède une poulie semblable. Le frein du tambour est alors légèrement écarté de celui-ci, pour pouvoir placer dans l'espace ainsi réservé la poulie dont nous venons de parler.

M. Desprez résume les avantages de son système sur ceux qui existent à ce jour de la façon suivante :

Système de Koepe. — Le système Desprez n'a pas de câbles attachés sous les cages. La longueur du câble d'équilibre est moitié moindre. Les manœuvres de cages sont possibles. Les câbles peuvent être graissés.

Système Lindenberg et Monopol II. — Le système Desprez a un poids de câble moindre.

Système par tambours spiraloïdes. — Dans le système Desprez, le rayon final d'enroulement est moindre. L'inertie à vaincre pour arrêter et démarrer est moindre. Le moment résistant maximum à vaincre est moindre. Le tambour est plus léger.

Système par bobines plates. — L'équilibre est réalisé plus exactement, car, pour obtenir cet équilibre avec les bobines, il faut avoir des rayons d'enroulement à l'enlevage d'autant plus petits que le puits est plus profond, et il est difficile d'enrouler sur des rayons trop petits les câbles d'aloès qui ont à ce moment les plus grosses sections à enrouler sur la bobine.

D'autre part, ce système, qui a été analysé par M. Poussigue, au Congrès international des mines, a été l'objet de quelques critiques relatives : 1° à l'attache de la chaîne sur le câble; 2° au changement de sens des efforts dans cet amarrage; 3° à la difficulté de réalisation du câble sans fin, diminué dans deux sens différents et des sections uniformes dans une troisième partie.

Quoi qu'il en soit des avantages ou des inconvénients théoriques de ce système, on ne pourra être complètement éclairé à ce sujet qu'après sa mise en pratique et une période d'expérience suffisante.

Système de compensation Stein.

Nous signalons rapidement le système de compensation exposé par la maison A. Stein. Ce n'est en somme qu'une modification du système appliqué aux puits *Hansa* et *Monopol,* du bassin de la Ruhr.

Dans ce dernier système, la compensation est opérée par un câble tracteur qui passe sur des poulies et vient s'enrouler sur le tambour d'extraction en y faisant deux tours seulement, en formant câble sans fin, chacune de ses extrémités étant reliée à une des extrémités du câble compensateur.

Dans le système proposé par la maison A. Stein (fig. 132), le câble d'extraction est utilisé comme câble tracteur. « A cet effet, dit-elle, le câble d'extraction fait un tour seulement sur le tambour dont l'âme est légèrement conique; il est renvoyé dans le puits,

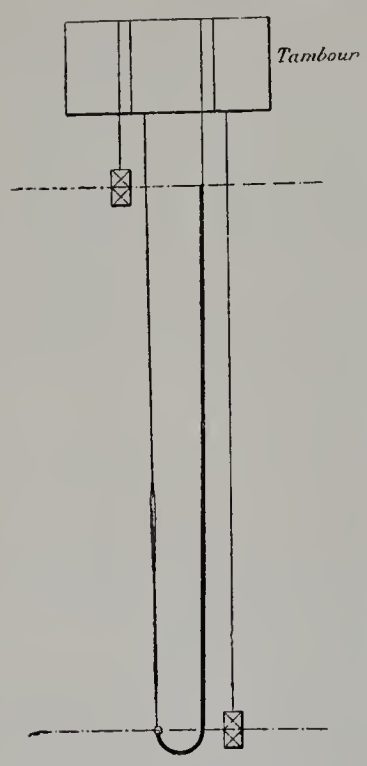


Fig. 132. — Extraction à grande profondeur. Dispositif de la maison Stein.

en passant sur deux poulies et descend le long de la paroi où l'on installe, pour le recevoir, une cage en bois très peu volumineuse (dans un puits neuf, on pourrait ménager dans la maçonnerie un compartiment pour loger ce câble, de sorte que le puits tout entier resterait libre).

Le câble d'extraction est relié à son extrémité au câble compensateur.

Il résulte de cette disposition que le poids de câble compensateur doit être plus élevé que dans le système *Monopol;* en effet, il doit équilibrer non seulement le câble d'extraction, mais encore le câble tracteur qui, dans ce cas, est plus lourd, puisqu'il est constitué par le câble d'extraction lui-même, alors que, dans le dispositif *Monopol,* on emploie une cordelette spéciale moins résistante (2 kilogr. 200 le mètre courant, pour la cordelette; 7 kilogr. 300 pour le câble d'extraction).

Nous n'insistons pas plus sur ce système, ni sur les avantages et les inconvénients qu'il peut avoir au même titre que les dispositions analogues.

Machine d'extraction Morgans, pour grande profondeur.

Cette machine, construite par la maison Hollman frères, est très ingénieuse. On sait qu'une des difficultés à vaincre, lorsqu'il s'agit de grandes profondeurs, est l'obliquité que prend le câble par rapport au treuil et à la poulie.

Cette difficulté est résolue ici de la façon suivante : le tambour se déplace dans le sens de son axe, de façon que le câble, se déroulant ou s'enroulant, reste toujours dans le plan de la poulie ou molette. Le tambour est assez long pour éviter que le câble ne s'enroule sur lui-même et ne fasse ainsi changer le bras de levier de la résistance.

Cette intéressante disposition du tambour est réalisée de la façon suivante. (Voir les figures 133 et 134, plan et élévations.)

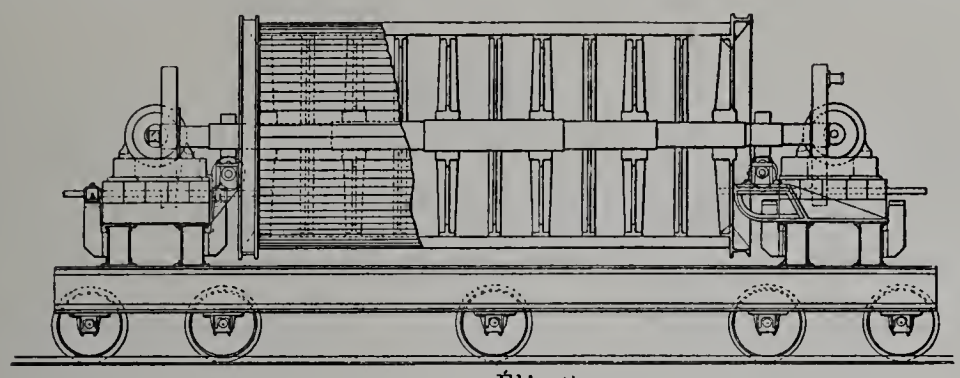
Le tambour est à petit diamètre, pour permettre l'emploi de machines rapides légères. Ce treuil est mû par deux machines placées à ses extrémités et perpendiculairement à son axe, qu'elles commandent directement. L'ensemble du tambour et des machines est fixé sur un châssis métallique porté par dix paires de roues, roulant sur deux voies à écartement normal, parallèles à l'axe du tambour.

Les dimensions de l'appareil construit aux mines de Dolcoath sont les suivantes :

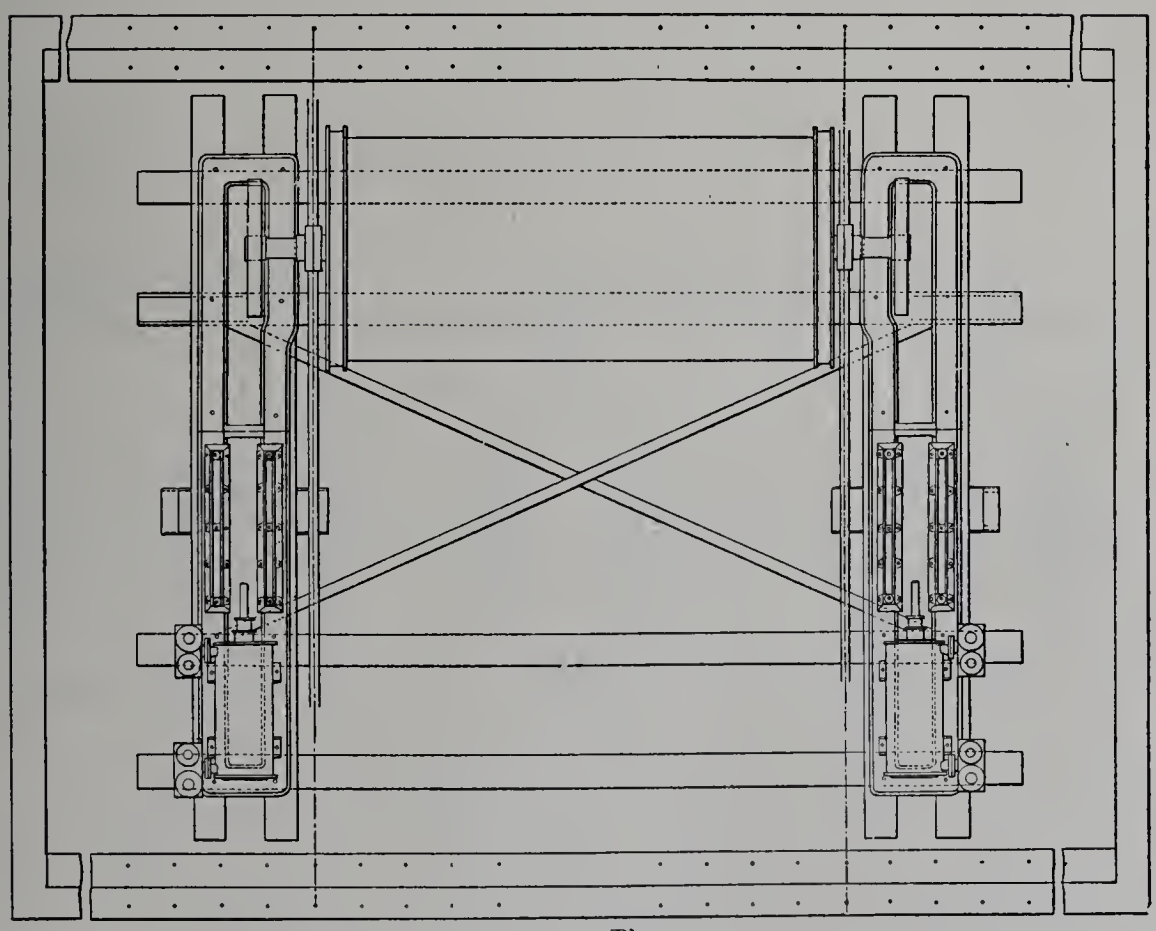
Tambour	Diamètre	3m05
	Longueur	6 40
Cylindres	Diamètre	0 61
	Course	1 525
Châssis	Longueur suivant l'axe des machines	10 06
	Longueur suivant l'axe du tambour	12 10

L'espace dans lequel se déplace l'ensemble du châssis est entouré d'un cadre de de maçonnerie et charpentes de fer. Dans le sens des rails, et à l'intérieur, se trouvent deux crémaillères fixées au rebord métallique de ce cadre.

L'axe du tambour, d'autre part, agit par une transmission à vis sans fin, sur des



Élévation.



Plan.

Fig. 133. — Machine d'extraction, système Morgans, installée à «Dolcoath mine».

pignons engrenant avec ces crémaillères. Le mouvement de rotation de ces pignons entraîne donc le déplacement du châssis sur ces roues, au fur et à mesure de la rotation du tambour.

A Dolcoath on a trouvé que la force nécessaire au déplacement du châssis qui pèse, avec tambour et machines, 150 tonnes, est de 5 HP environ.

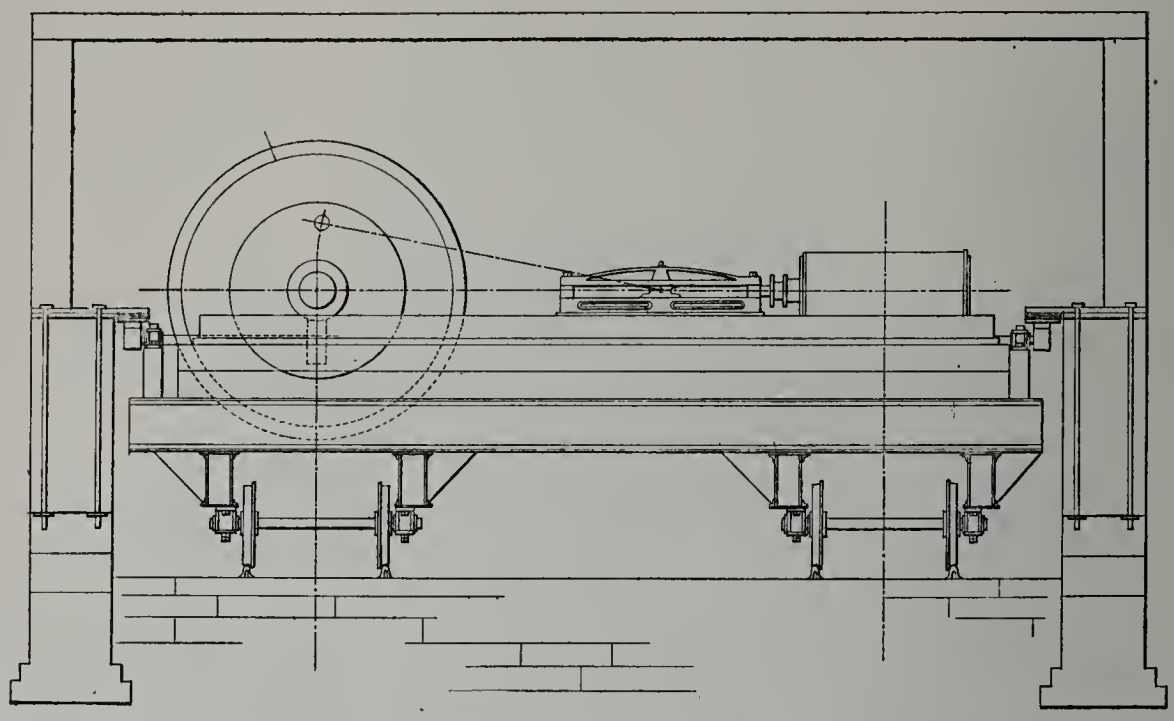


Fig. 134. — Machine d'extraction Morgans.

(Élévation latérale.)

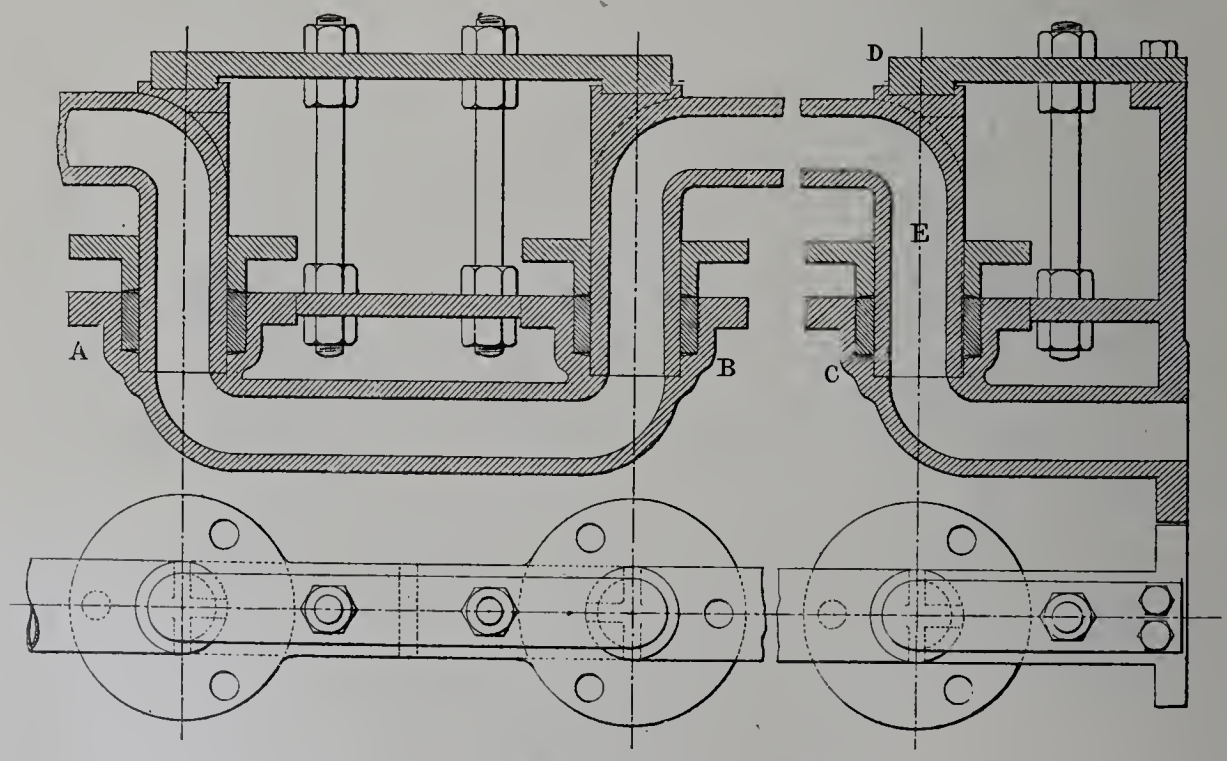


Fig. 135. — Machine d'extraction Morgans.

Conduite de vapeur (Détails des joints).

Dans la même installation, les câbles ont 140 millimètres de circonférence et pèsent 7 kilogrammes par mètre courant.

L'extraction se fait à 915 mètres.

Les cages chargées pèsent 6 tonnes 750, dont 3 tonnes de charge utile. On

compte deux minutes pour l'ascension de 915 mètres. La capacité d'extraction est de 72 tonnes à l'heure.

Le déplacement continuel des machines à vapeur en même temps que le tambour nécessite des dispositions particulières pour la tuyauterie de vapeur. Celle-ci se compose de tubes à genouillères qui peuvent se replier en suivant le mouvement du châssis. Le détail des joints est donné dans la figure 135. Les tuyaux rigides se terminent en col de cygne. L'extrémité des tuyaux mobiles est fixée à celle des tuyaux fixes par un presse-étoupe particulier, et le mouvement de rotation autour de l'axe vertical du joint est dirigé, d'une part par l'extrémité du tube fixe et, d'autre part, par un prolongement porté par le coude E, dans lequel vient se fixer une patte D serrée par un écrou. Cette patte D porte un bouton qui entre dans un logement pratiqué dans le coude.

Ce bouton, bien centré, dirige la rotation. De plus la patte D, par son serrage, maintient le joint bien fermé.

Au sujet d'une machine d'extraction installée à Tamarack (États-Unis), pour les grandes profondeurs, M. Morgans a fait la comparaison suivante entre les caractéristiques de cette installation et celles qui conviendraient à une installation de son système remplissant les mêmes conditions.

INSTALLATION DE TAMARACK.	SYSTÈME MORGANS.
4 cylindres : 0 m. 90 × 1 m. 83.	2 cylindres : 0 m. 915 × 1 m. 83.
Tambour { diamètre, 7 m. 50.	Tambour { diamètre, 4 m. 88.
Tambour { longueur, 7 m. 50.	Tambour { déplacement, 4 m. 50.
Longueur de câble : 1,800 mètres.	Longueur de câble : 1,800 mètres.
Diamètre de câble : 37 millimètres.	Diamètre du câble : 37 millimètres.
Poids de la machine : 500 tonnes, dont 136 tonnes pour le tambour et son arbre.	Poids plus faible, mais non indiqué.
Vitesse d'extraction : 20 mètres à la seconde.	Vitesse d'extraction : 20 mètres à la seconde.
	Prix d'installation moins élevé.

Nous donnons cette comparaison sous toutes réserves, naturellement, à titre de renseignement sur les résultats que M. Morgans attend de son système.

Des communications sur ce système ont été faites à la Société des Ingénieurs civils de France. Nous en avons extrait la plupart des données qui précèdent.

Machine d'extraction de la fosse d'Arenberg (Mines d'Anzin).

Constructeurs : Dubois et Cie.

La machine d'extraction de la fosse d'Arenberg a été conçue dans le but d'utiliser toute la force d'expansion de la vapeur par le compoundage, tout en conservant les qualités de souplesse de la machine jumelle ordinaire à cylindres égaux. La disposition générale est celle de la machine Compound-tandem à 4 cylindres.

Pour obtenir toute la souplesse voulue, on a réalisé les dispositifs suivants (voir figures 136, 137 et 138).

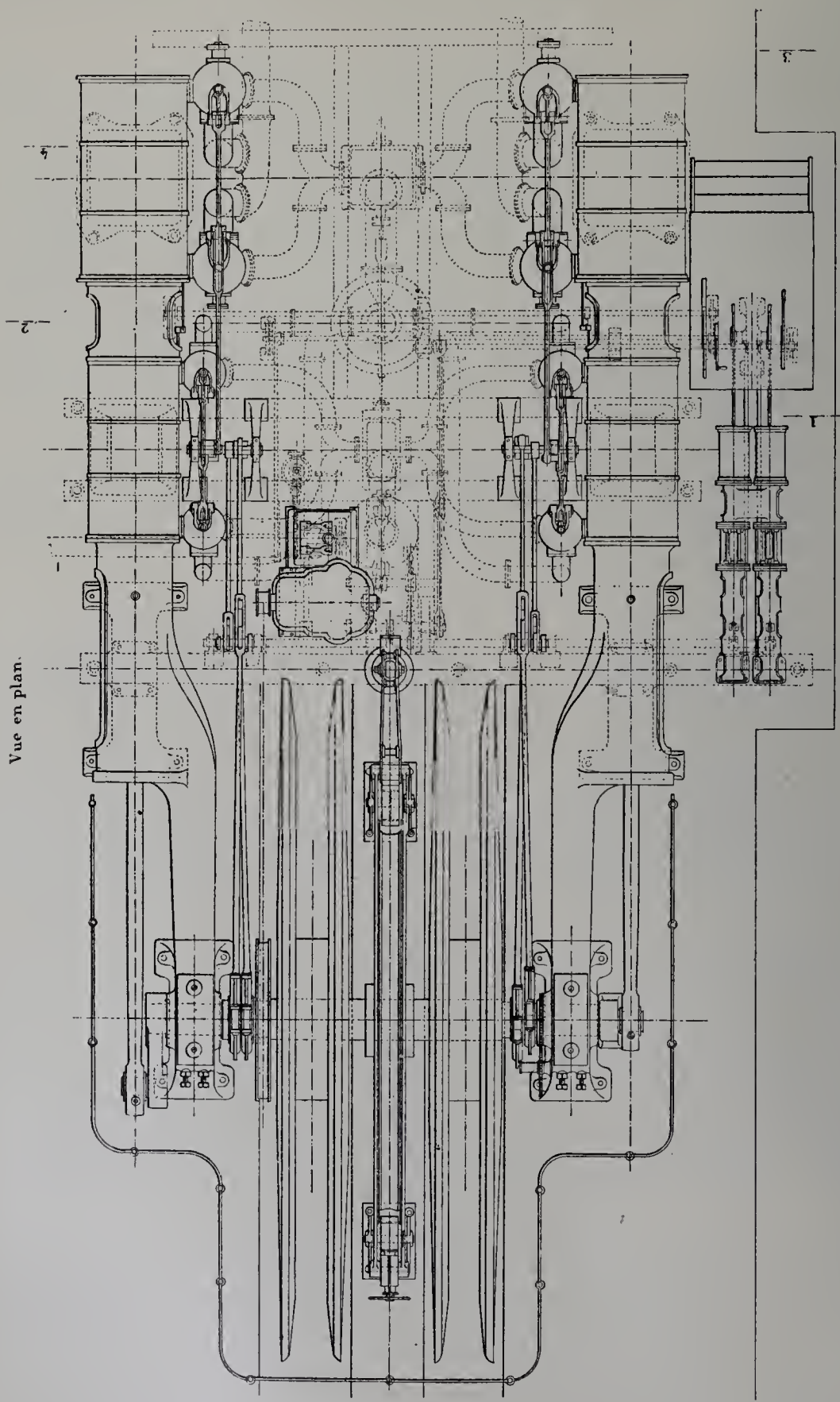


Fig. 136. — Machine d'extraction des mines d'Anzin (fosse d'Arenberg).

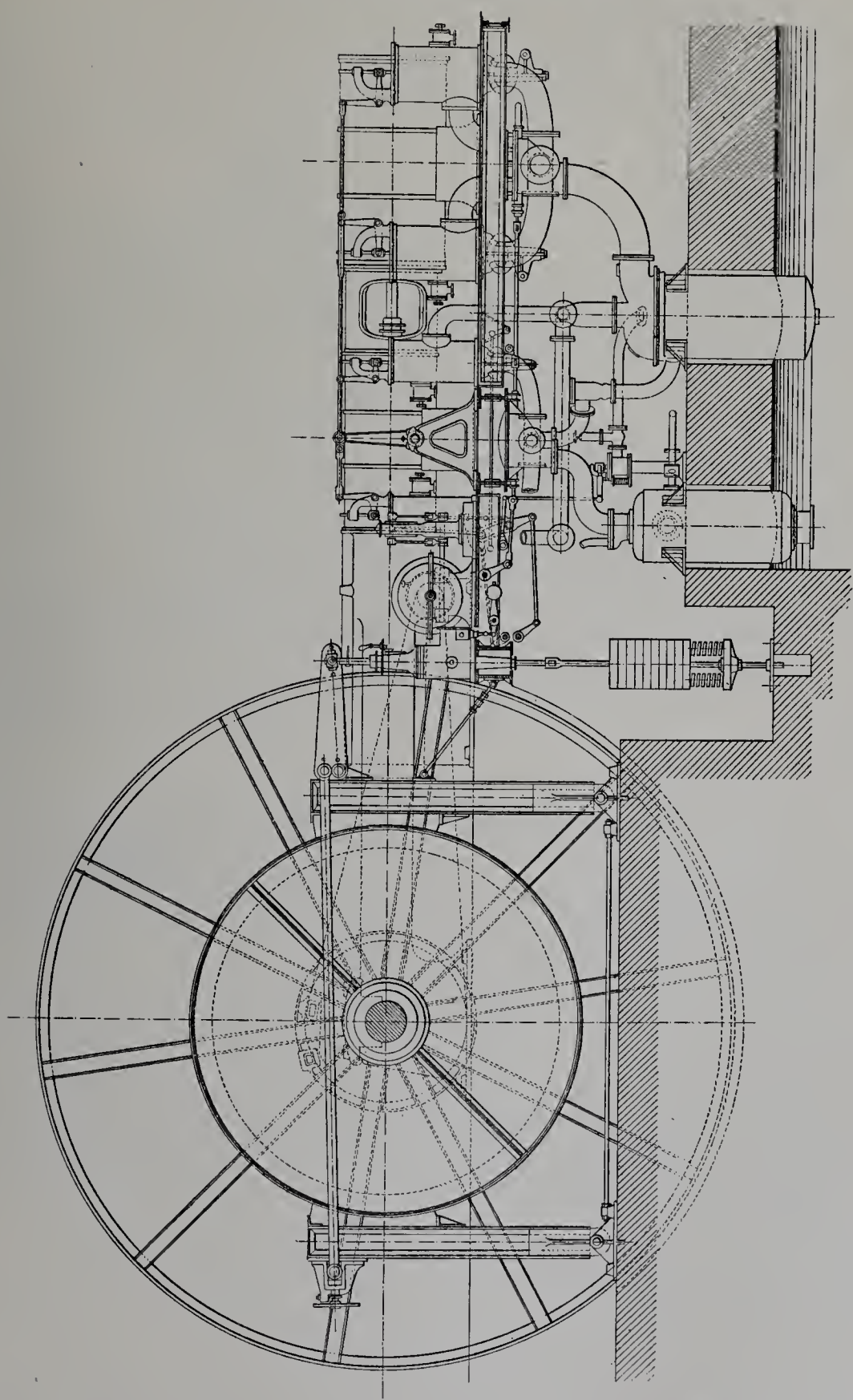


Fig. 137. — Machine d'extraction des mines d'Anzin (fosse d'Arenberg). — Coupe longitudinale.

1° *Double modérateur.* — La vapeur des chaudières, sortant du réservoir sécheur, arrive dans les cylindres HP par l'intermédiaire d'un modérateur ou soupape d'arrivée

de vapeur, permettant l'admission ou la suppression à volonté de la vapeur dans ces cylindres. Après avoir agi derrière les pistons, celle-ci se rend dans un receiver où elle est réchauffée par un serpentin parcouru par la vapeur provenant des cylindres HP. Un dispositif spécial permet de maintenir dans ce receiver une pression constante de 3 kilogrammes.

Du receiver la vapeur se rend dans les cylindres BP par l'intermédiaire d'un second modérateur, relié au premier, et s'ouvrant ou se fermant en même temps que lui. Il permet de conserver dans le receiver, après la fermeture de l'admission dans les cylindres HP, la vapeur nécessaire pour que les cylindres BP puissent concourir en temps utile au mouvement d'avant-manœuvre nécessaire pour soulever la cage après son arrivée au jour et la faire reposer sur les taquets du jour (la cage de fond reposant alors sur les taquets du fond et la cage du jour n'étant plus équilibrée alors que par le câble).

2° *Variation simultanée du degré d'admission aux 4 cylindres.* — En marche normale, la machine fonctionne à détente; mais pour les différentes manœuvres qui doivent être exécutées sans difficulté, il est nécessaire de pouvoir réaliser l'admission pendant la presque totalité de la course des grands et des petits cylindres.

Pour obtenir cette variation d'admission qui doit pouvoir atteindre 90 p. 100, on a disposé à l'intérieur des tiroirs de distribution des tiroirs de détente, qui font varier le degré d'admission suivant la position du régulateur, c'est-à-dire suivant la vitesse de la machine. Le régulateur agit simultanément sur les tiroirs de détente des quatre cylindres.

Au début de la mise en marche de la machine, l'admission se fait donc à 90 p. 100 pendant les trois ou quatre premiers tours, puis, la vitesse augmentant, le régulateur ramène l'admission à 35 p. 100 dans chaque cylindre. A la fin de la course, les modérateurs étant fermés par le mécanicien, la machine ralentit, le régulateur descend et les tiroirs se disposent de façon à donner l'admission de 90 p. 100 pour le mouvement d'avant-manœuvres.

La vapeur est admise de la chaudière à 8 ou 9 kilogrammes, elle se détend à 3 kilogrammes dans le cylindre HP jusqu'au receiver, et de là, par les cylindres BP, est évacuée dans le condenseur où la pression est de 0 kilogr. 100.

La machine toute entière se comporte en somme comme deux machines ordinaires accouplées, possédant chacune les mêmes organes qu'une machine ordinaire : modérateur et régulateur agissant sur la détente.

Ces organes, ainsi que le changement de marche, sont manœuvrés par des servomoteurs.

Nous signalerons des dispositions accessoires relatives au receiver, à la marche à vide et à la distribution.

Receiver. — Il est indispensable, pour obvier à des pertes ou des condensations accidentelles survenues dans le receiver, de pouvoir parer à un manque de vapeur pour les cylindres BP. Dans ce but, on a muni le receiver d'une prise de vapeur directe partant du réservoir-sécheur. Cette conduite est munie d'un détendeur ramenant la pression

de 8 kilogrammes à 3 kilogrammes. Pour parer à un défaut de fonctionnement de ce détendeur, le receiver porte une soupape de sûreté limitant à 5 kilogrammes la pression dans ce réservoir.

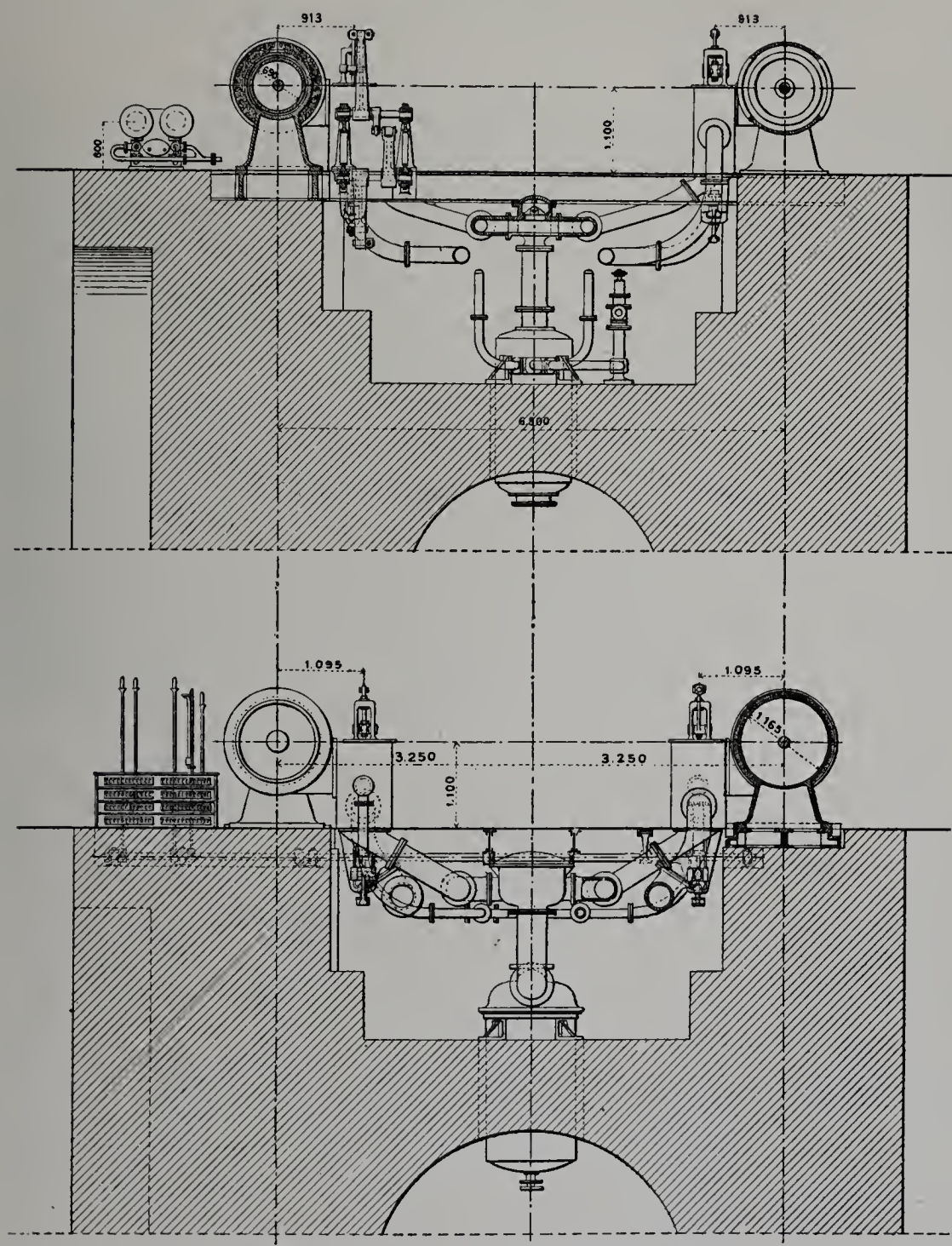


Fig. 138. — Machine d'extraction des mines d'Anzin (fosse d'Arenberg).
Coupes transversales suivant 1-2 et 3-4.

Pour éviter des introductions de vapeur inutiles ou nuisibles pendant la marche normale de la machine, le régulateur, en même temps qu'il limite l'admission, ferme l'admission de vapeur directe dans le receiver, aussitôt qu'il commence à fonctionner

par la vitesse. Cette admission est rendue de nouveau possible dès que la vitesse diminue et que le régulateur retombe.

Cette admission dans le receiver peut également être supprimée directement par une pédale actionnée par le mécanicien, dès qu'un arrêt un peu long de la machine se produit.

Marche à vide ou arrêt. — A la fin d'une course, le mécanicien ayant fermé les modérateurs, la machine continue à fonctionner encore quelque temps par l'inertie des pièces en mouvement. Si les tiroirs sont étanches, il se produira alors un vide entre les pistons et le tiroir du premier modérateur, tandis que l'autre face des pistons sera soumise à la pression de 3 kilogrammes du receiver; cette contre-pression arrêtera rapidement le mouvement produit par l'inertie des organes de la machine et le mécanicien sera obligé, pour amener la cage à la recette du jour, de fermer son modérateur plus tardivement et d'admettre quelques cylindrées de plus.

Dans le cas d'arrêt, les deux faces des pistons se trouvant en contact avec des atmosphères à des pressions différentes, si des fuites ou des condensations viennent à se produire, la valeur relative de ces pressions peut changer et amener des mouvements intempestifs de la machine.

Pour empêcher ces deux inconvénients de se produire, on a relié le receiver aux conduits d'arrivée de vapeur à haute pression. Cette communication est fermée en temps ordinaire par un clapet de retenue maintenu par la vapeur à haute pression. Si la pression dans la conduite d'admission aux cylindres HP devient inférieure à celle du receiver, la vapeur contenue dans celui-ci soulève le clapet et pénètre de l'autre côté du piston, dont les deux faces se trouvent soumises alors à une même pression.

Distribution. — La distribution se fait par des tiroirs cylindriques verticaux munis de segments en fonte formant arête de distribution et placés verticalement à chaque extrémité des cylindres. Ces tiroirs donnent un large passage à la vapeur, réduisent les espaces nuisibles et nécessitent peu de travail pour leur fonctionnement.

Ils sont actionnés par une coulisse Gooch; ils sont solidaires et manœuvrés par les mêmes barres de relevage. L'arbre de relevage est commandé par le mécanicien au moyen d'un servo-moteur.

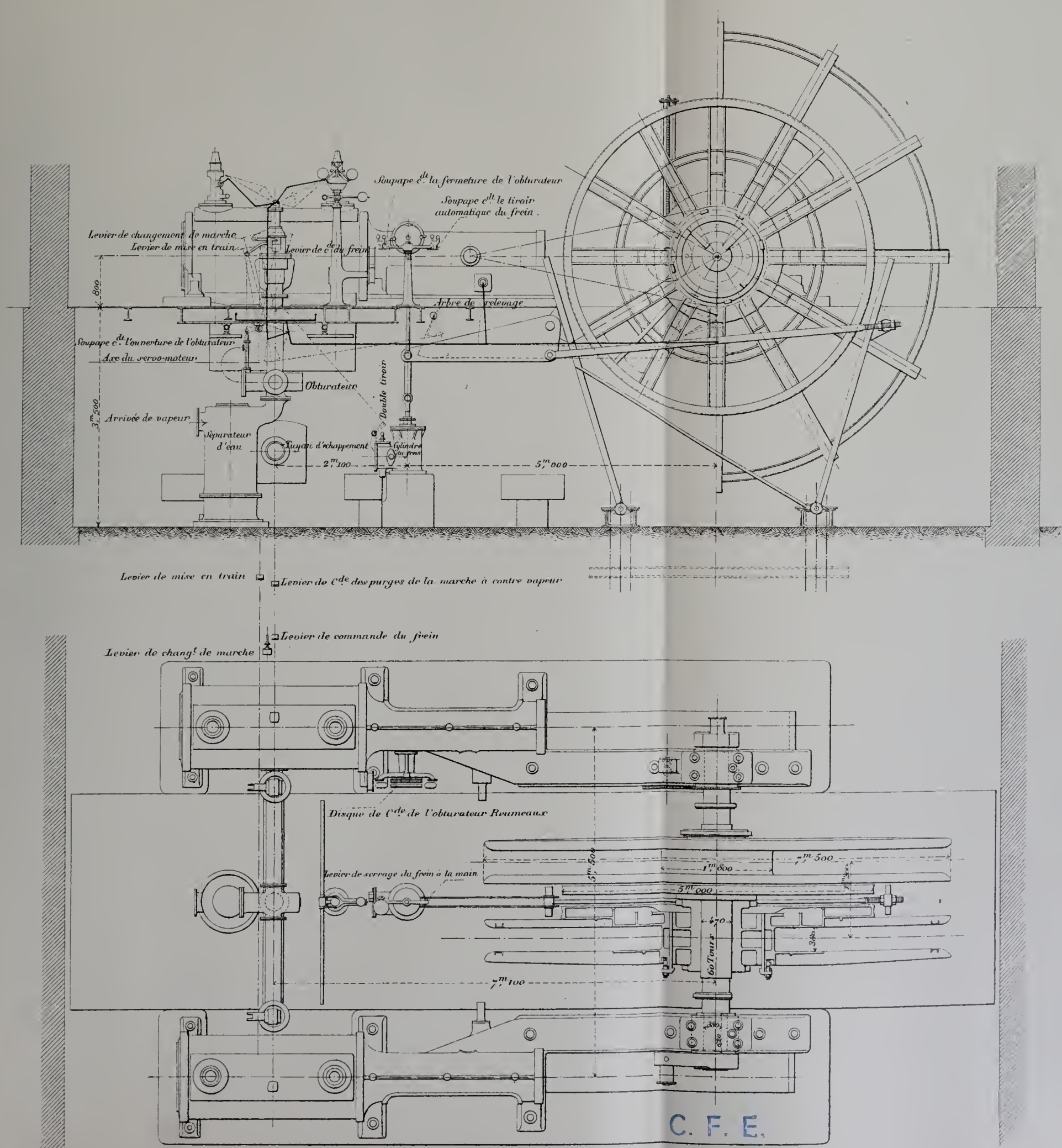
Les tiroirs de détente sont également cylindriques et munis de segments; leur déplacement est obtenu par une variation de l'angle de calage de l'excentrique.

Pour éviter une élévation trop considérable de la pression sur ces tiroirs, dans le cas d'un renversement de marche, on a disposé des soupapes de sûreté (chargées à 12 kilogrammes pour les cylindres HP et 6 kilogrammes pour les cylindres BP) sur les orifices de ces tiroirs; la décharge de ces soupapes aboutit soit au réservoir sécheur, soit au receiver.

Cette disposition de la distribution est due à MM. Dubois et Cie. La condensation se fait dans un condenseur général recevant les échappements de toutes les machines de l'installation de la fosse; il est calculé pour condenser 30,000 kilogrammes à l'heure.

C'est par cette disposition de condenseur général largement calculé, que l'on arrive à

Fig. 139. — MACHINES HORIZONTALES ACCOUPLÉES DE 0m,800 - 1m,600 À CHANGEMENT DE MARCHE, DISTRIBUTION COLLMANN ET DÉTENTE VARIABLE PAR LE RÉGULATEUR (PUITS St-DOMINIQUE — MINES DE MONTRAMBERT.)



obtenir la constance du vide nécessaire pour la marche régulière de la machine et éviter des mouvements intempestifs pendant les périodes de repos. La machine est munie d'un appareil de sécurité dont nous parlerons dans un autre article.

Données générales. — Cette machine a été calculée pour pouvoir extraire 1,000 à 1,500 tonnes par jour, à des profondeurs variant de 250 à 750 mètres, au moyen de cages à 12 berlines.

Course des pistons		1m80
Diamètres	Cylindres HP	0 690
	Cylindres BP	1 165
Puissance		3,000 HP.

Machine d'extraction du puits Saint-Dominique (La Béraudière).

La machine d'extraction du puits Saint-Dominique, construite par les ateliers de la Chaléassière, présente certaines dispositions à signaler.

Cette machine (fig. 139) est horizontale, à deux cylindres accouplés de 0 m. 80 sur 1 m. 60 de course. Elle marche avec une pression de 8 kilogrammes aux chaudières. La distribution se fait par soupapes «Collmann» à amortisseur de chute, commandées par le système de changement de marche Marshall; la détente est réglée par un déclic solidaire d'un régulateur à force centrifuge.

La nécessité d'avoir une grande précision dans les manœuvres de recette a conduit à donner une soupape d'admission à chaque cylindre, afin de réduire autant que possible l'espace nuisible. Ces deux soupapes, manœuvrées simultanément, s'ouvrent très lentement au début de la levée, rapidement à la fin.

En outre, comme on aura très souvent à descendre des remblais, on s'est préoccupé de régulariser cette descente en donnant au mécanicien la faculté de maintenir, à l'aide d'excentriques, les soupapes d'échappement éloignées de leurs sièges d'une quantité variable, de façon à pouvoir modérer la vitesse en agissant par étranglement sur l'air expulsé, le levier de changement de marche étant à contre-vapeur et l'admission fermée.

La disposition de cette soupape est la suivante (fig. 140) :

En marche normale, la came C actionnant la soupape d'échappement oscille autour du centre A ; elle reçoit son mouvement de l'excentrique moteur par la bielle M.

L'arbre de centre A porte à chaque extrémité un excentrique de centre B, sur lequel est monté un levier L dont le déplacement angulaire β est obtenu à la volonté du machiniste par une bielle T.

Ce déplacement angulaire amène le centre A en A′ en dessous de sa position normale, de sorte que la came appuie d'une façon continue sur le levier de commande de la soupape et maintient celle-ci ouverte d'une quantité suffisante et variable pour permettre

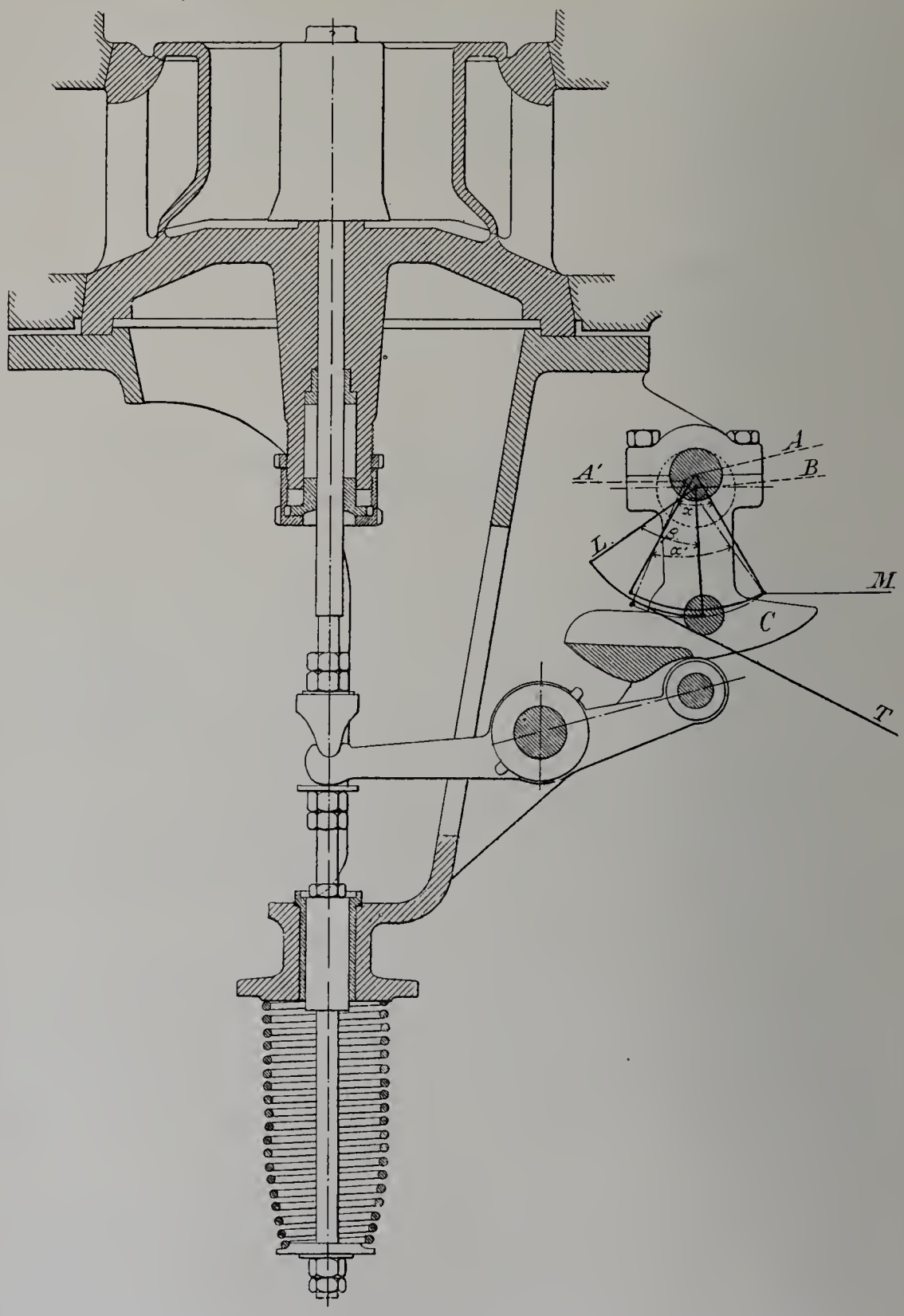


Fig. 140. — Détail des soupapes Collmann à amortisseur de chute de la machine d'extraction du puits Saint-Dominique. (Mines de la Béraudière.)

l'évacuation de l'air comprimé résultant de l'entraînement des cages chargées de remblais.

Il est à remarquer que le déplacement du centre A n'empêche en rien le fonctionne-

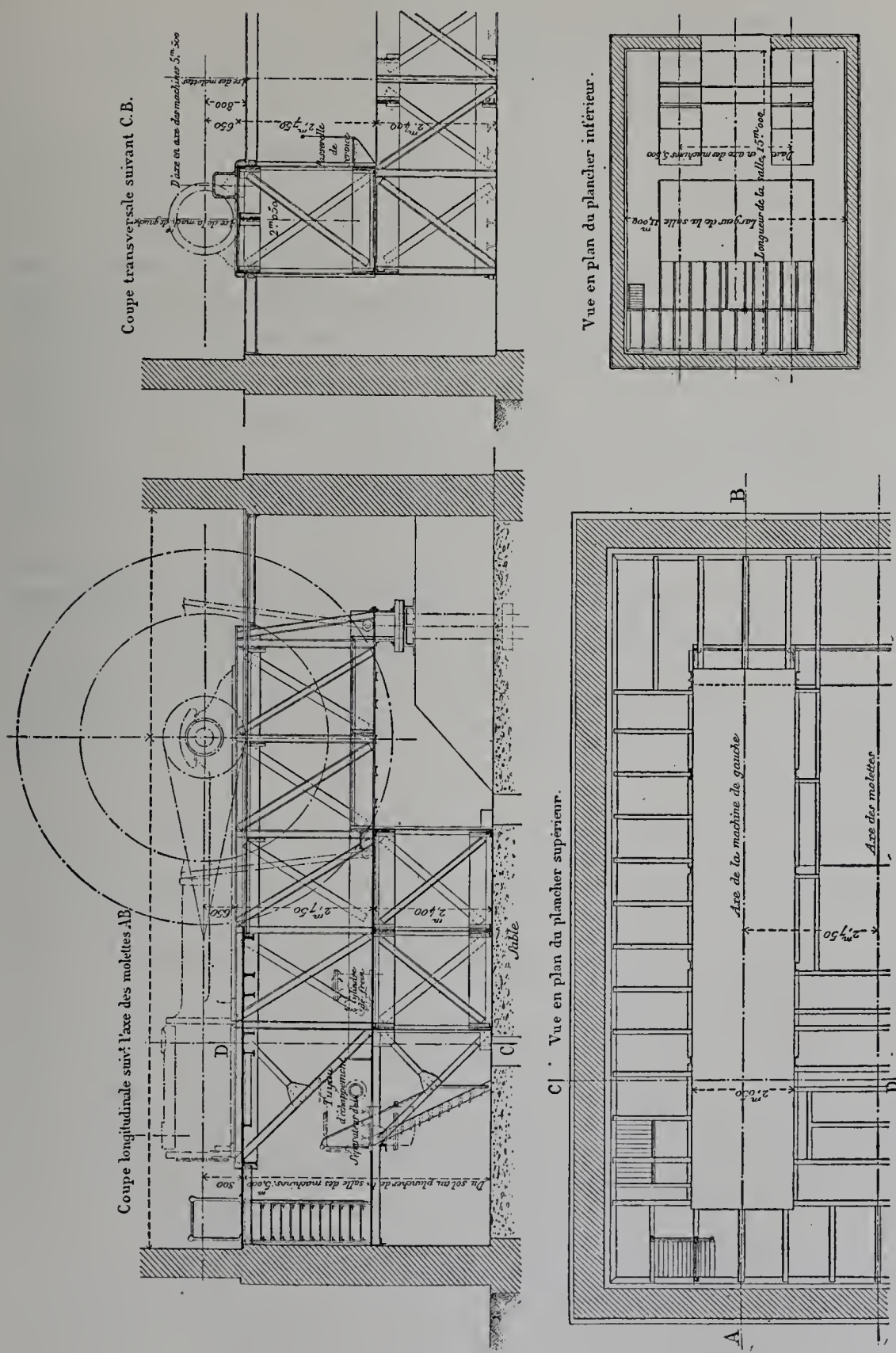


Fig. 141. — Fondations de la machine d'extraction du puits Saint-Dominique (mines de Montrambert).

ment de la came dont le déplacement angulaire α passe en α'. La distribution continue de fonctionner, mais la soupape ne retombe plus sur son siège.

Ce principe est appliqué à d'anciennes machines à l'aide de robinets de décharge.

IMPRIMERIE NATIONALE

La machine est munie de l'évite-molettes Reumeaux.

Une autre particularité de la machine consiste dans le procédé employé pour la mettre à l'abri des déformations que les mouvements du sol risquent d'apporter dans ses assemblages.

On s'est proposé d'en faire en quelque sorte un monolithe, et, à cet effet, on a remplacé les massifs de béton de ciment habituels par une forte charpente en fer composée de deux caissons longitudinaux (fig. 141) en treillis supportant les bâtis et supportés eux-mêmes par un caisson transversal au droit de l'intervalle compris entre les cylindres et les bobines. Ce dernier caisson repose sur un lit de sable, pendant que l'avant des caissons longitudinaux s'appuie sur une murette, par l'intermédiaire de cales amovibles.

Si un mouvement de terrain se produit, la machine se déplacera tout d'une pièce, et il sera facile de la ramener à sa position primitive.

De plus, cette disposition permet une grande facilité d'accès et un excellent éclairage pour les organes placés en dessous du plancher de la machine.

Tambour cylindrique à rayons tangents et à réglage différentiel pour machine d'extraction (mines de Blanzy).

Ce tambour est léger et permet un réglage des câbles très précis. Il a 5 mètres de diamètre et pèse 6,352 kilogrammes, alors que les tambours anciens de même diamètre pèsent 8,846 kilogrammes.

Il se compose de :

1° Un moyeu percé à sa périphérie d'une série de trous coniques pour le passage des boulons d'assemblage; ce moyeu est calé sur l'arbre et constitue « la partie fixe ».

2° De deux couronnes qui tournent folles sur le moyeu; l'assemblage des couronnes folles avec le moyeu se fait au moyen de trois boulons coniques. Les couronnes portent deux séries d'oreilles pour servir à l'attache des bras.

3° De 64 bras réunissant les couronnes folles à la jante; ces bras sont tangents au moyeu, et comme le tambour doit tourner tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, nous avons, comme dans la roue de bicyclette, la moitié des bras tangents dans un sens et l'autre moitié tangents dans l'autre. L'extrémité des bras qui vient se fixer au moyeu se termine par une tête ronde qui s'applique derrière l'oreille support; il résulte de ce mode d'attache que les bras ne peuvent travailler qu'à la traction et jamais à la compression ni à la flexion. Ces bras sont en deux parties réunies par un écrou à double filet pour en régler la tension.

Pour obtenir le réglage des câbles avec une grande approximation, la partie folle porte vingt trous équidistants dont les axes se trouvent sur une circonférence de 1 m. 200 de diamètre; la distance entre deux trous consécutifs est donc de

$$D = \frac{3,1415 \times 1200}{20} = 188^{mm}5.$$

Sur la partie fixe, il y a trois groupes de six trous distants l'un de l'autre de

$$D' = \frac{7\,D}{6} = 220^{\,mm}.$$

La différence entre les écartements est de

$$d = D' - D = 31^{\,mm}\,5.$$

On a donc ainsi un véritable vernier permettant d'obtenir une coïncidence entre les trous à moins de 31 millim. 5, et comme le rayon du tambour est à celui de la circonférence où se trouvent les axes des trous dans le rapport de 25 à 6, on pourra toujours régler les câbles à moins de $31,5\,\frac{25}{6} = 131$ millimètres. Cette différence est excessivement petite; dans les anciens tambours elle était de 500 à 1,000 millimètres.

Au lieu de mettre les six trous d'un même groupe de la partie fixe l'un au bout de l'autre sur la circonférence où ils doivent se trouver, on a préféré les réunir sur un arc moindre en les disposant de façon à ce qu'une coïncidence étant obtenue, les autres trous se trouvent à des distances d, $2\,d$..., $5\,d$ de trous de la partie folle, comme cela a lieu dans le vernier. On facilite ainsi la recherche des trous qui se rapprochent le plus de la coïncidence.

Un tambour semblable est en service au puits Saint-Amédée depuis 1897, dont l'ensemble s'est parfaitement comporté; les bras, malgré leur grande légèreté, sont restés parfaitement rectilignes.

Les calculs de résistances et la discussion du groupement des trous ont été développés dans une communication à la Société de l'industrie minérale (décembre 1898).

Essais des câbles et fils métalliques aux mines de Blanzy.

Essais des câbles. — Pour faire les essais des câbles utilisés dans ses services d'extraction, la Compagnie de Blanzy a créé un système d'amarres permettant de réduire au minimum la longueur du câble nécessaire pour faire les amarrages sur la machine à essayer de façon à réduire autant que possible les pertes.

A cet effet, le câble est serré entre deux coins pouvant glisser sur des rouleaux placés à l'intérieur de deux mâchoires en acier réunies par des boulons. Ces amarres ne fatiguent pas le câble, et la rupture se fait non à l'intérieur d'une amarre, mais entre les deux. Elles peuvent servir pour les câbles métalliques plats ou ronds comme pour ceux d'aloès, et permettent d'aller jusqu'à une traction de 100,000 kilogrammes.

Essais des fils métalliques à la flexion. — La Compagnie de Blanzy a perfectionné l'ancien système à main qui donnait lieu à des irrégularités dans la flexion et à des erreurs.

Sa machine se compose de deux étaux, l'un fixe, l'autre pouvant coulisser le long d'une manivelle dont l'axe se trouve au niveau de la partie supérieure du premier. Cette manivelle peut recevoir un mouvement d'oscillation dont l'amplitude est de 180 degrés,

C. F. E

par l'intermédiaire d'un levier, d'une bielle et d'une manivelle montée sur un arbre commandé par une courroie avec tendeur; ces oscillations se font à l'intérieur d'un arceau suspendu en son milieu; la manivelle qui porte l'étau mobile est munie d'un ressort qui éloigne cet étau du point d'articulation et l'applique par conséquent contre l'arceau.

Lorsque le tendeur doit agir sur la courroie pour produire le mouvement, on le maintient en place au moyen d'un enclanchement commandé par l'arceau.

Pour faire un essai, on pince les extrémités du fil entre les deux étaux en comprimant légèrement le ressort de la manivelle de façon à écarter l'étau mobile de l'arceau, puis on enclenche le tendeur; le mouvement d'oscillation se produit, et lorsque le fil se rompt, l'étau mobile vient frapper l'arceau, ce qui produit le déclenchement du tendeur et, par suite, l'arrêt de la machine.

Une roue à rochet enregistre les oscillations complètes correspondant à quatre flexions simples de 90 degrés; une roue à quatre bras permet d'apprécier les quarts d'une oscillation complète et, par conséquent, les flexions simples.

Pour chaque opération, on peut ramener ces roues à zéro.

Appareil indicateur de machine d'extraction des mines de Liévin.

Cet appareil, installé au siège n° 1 de Liévin, est destiné à enregistrer :

1° La vitesse des cages dans le puits pendant les différentes périodes d'une ascension ;

2° La durée d'un voyage et celle des manœuvres ;

3° Le nombre de voyages pendant une période déterminée.

L'appareil se compose d'un transmetteur et d'un récepteur.

Le transmetteur est placé près des molettes dont la vitesse à la circonférence est égale à la vitesse des câbles dans le puits. L'axe d'une molette communique, par engrenages, le mouvement à une came produisant, à des intervalles réguliers, qui correspondent à 10, 20, 30 mètres, etc., de parcours dans le puits, un contact entre deux lames métalliques. Ce contact établit un courant électrique qui se transmet au récepteur.

Le récepteur, relié par fils au transmetteur et placé à une distance quelconque de celui-ci, se compose d'un électro-aimant qui, à chaque passage du courant, attire un levier, lequel trace, par son déplacement, une ligne verticale sur un papier mobile dont le mouvement est uniforme. La distance X, entre deux lignes verticales, est l'expression du temps que le câble a mis à parcourir 10, 20, 30 mètres. On a adopté 30 mètres pour l'appareil des numéros 1 et 1 *bis*.

Le papier est enroulé sur un tambour vertical de 287 millimètres de diamètre et 340 millimètres de hauteur; il est animé, à sa circonférence, d'une vitesse de 30 millimètres à la minute et se déplace verticalement de 6 millimètres pendant une révolution. Le crayon en repos trace une hélice sur le tambour. Les dimensions de ce dernier ont été calculées pour qu'une feuille donne les indications de vingt-quatre heures.

Les piles sont placées près de l'enregistreur.

Cet appareil fonctionne depuis plus de dix ans au siège n° 1, où il permet d'exercer un contrôle utile sur la marche de la machine d'extraction, notamment pendant la circulation des hommes.

Il peut d'ailleurs être appliqué à n'importe quelle machine.

TREUILS.

Treuil électrique des mines de Carmaux (courants triphasés).

Ce treuil (fig. 142) possède un tambour dont la vitesse à la circonférence est de 90 mètres par minute ; ce tambour est mis en mouvement par un double train d'engrenages à denture hélicoïdale actionné par un électromoteur triphasé faisant 960 tours par minute, sous 240 volts. Il est muni d'un frein ordinaire normalement serré. La manœuvre s'opère au moyen d'un démarreur-inverseur qui fonctionne à la fois comme commutateur des courants aux bornes et comme rhéostat, en modifiant les résistances intercalées dans l'induit. La marche en avant ou en arrière, l'accélération, le ralentissement ou l'arrêt, sont aussi obtenus à l'aide d'un levier unique.

Les dimensions d'encombrement sont : longueur, 1 m. 70 ; largeur, 1 m. 60 ; hauteur, 1 mètre.

Cet appareil a été construit par la Société alsacienne de constructions mécaniques de Belfort.

Treuil électrique des mines de Lens.

Ce treuil (fig. 142) est muni d'un moteur électrique établi par la maison Bréguet.

L'effort du moteur est transmis à l'arbre des bobines d'enroulement par l'intermédiaire :

1° D'un double frein Mégy fonctionnant dans les deux sens, ce double frein ayant pour but de tenir la charge suspendue en cas d'arrêt du treuil, et de régulariser la descente.

2° D'un frein limiteur de force, composé de disques alternativement en fonte et en bronze : les premiers clavetés avec le pignon d'attaque, les seconds clavetés avec l'arbre et serrés l'un contre l'autre par l'intermédiaire de rondelles Belleville.

En cas de coincement de la benne dans ses guidages, ces disques frottent l'un contre l'autre, et bien que la benne soit arrêtée le moteur continue à tourner sans que le courant absorbé puisse nuire à la conservation de ses organes.

L'électromoteur est établi pour fonctionner avec du courant continu sous une tension de 100 volts ; il est alimenté par un transformateur composé d'un moteur Boucherot triphasé, actionnant directement une dynamo à courant continu, susceptible de débiter 130 ampères, sous 100 volts.

Le moteur électrique est mis en marche dans les deux sens au moyen d'un appareil à relais électromagnétique à contacts métalliques avec rupture sur charbons.

Le relais est manœuvré à distance par deux commutateurs placés l'un au poste du haut, l'autre au poste du bas du beurtia.

Le commutateur du haut est disposé pour être manœuvré à la main pour la mise en marche et par les bennes pour l'arrêt automatique à fin de course. Pour la mise en marche, et afin d'éviter les accidents, la concordance est nécessaire entre les deux commutateurs haut et bas.

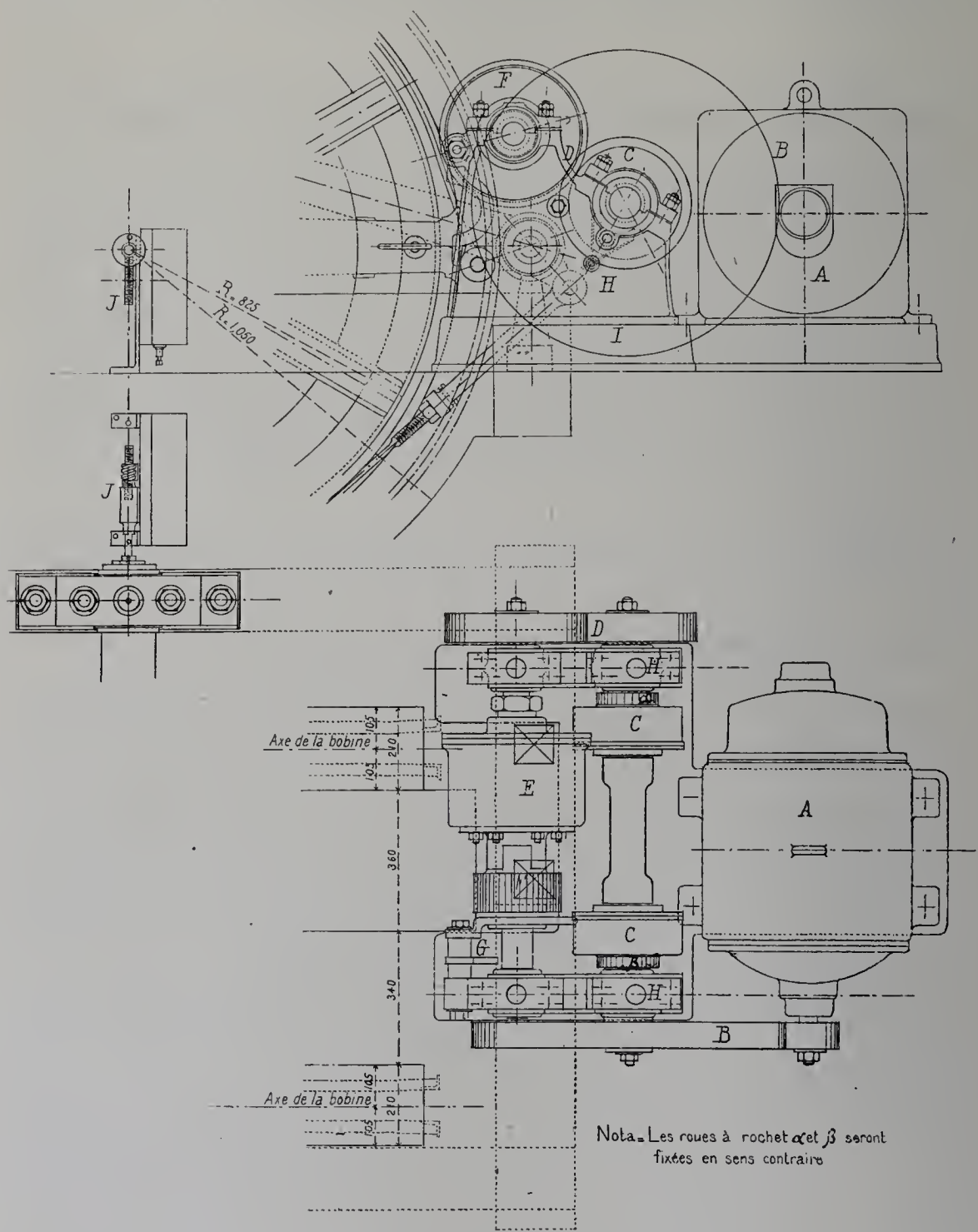


Fig. 142. — Équipement électrique du treuil des mines de Lens.

Ces appareils sont complétés par un commutateur de sécurité, commandé directement par l'arbre des bobines ayant pour double but d'intercaler automatiquement la résistance de démarrage avant chaque fin de course, et de couper automatiquement le courant

du relais dans le cas de non-fonctionnement du commutateur commandé par les bennes. Enfin un disjoncteur automatique à maxima est intercalé dans le circuit induit de l'électromoteur du treuil.

Treuil souterrain électrique des mines de la Grand'Combe.

Ce treuil (fig. 143), fourni par la Société alsacienne de constructions mécaniques de Belfort, est constitué par deux tambours de 1 m. 60 de diamètre et 700 millimètres

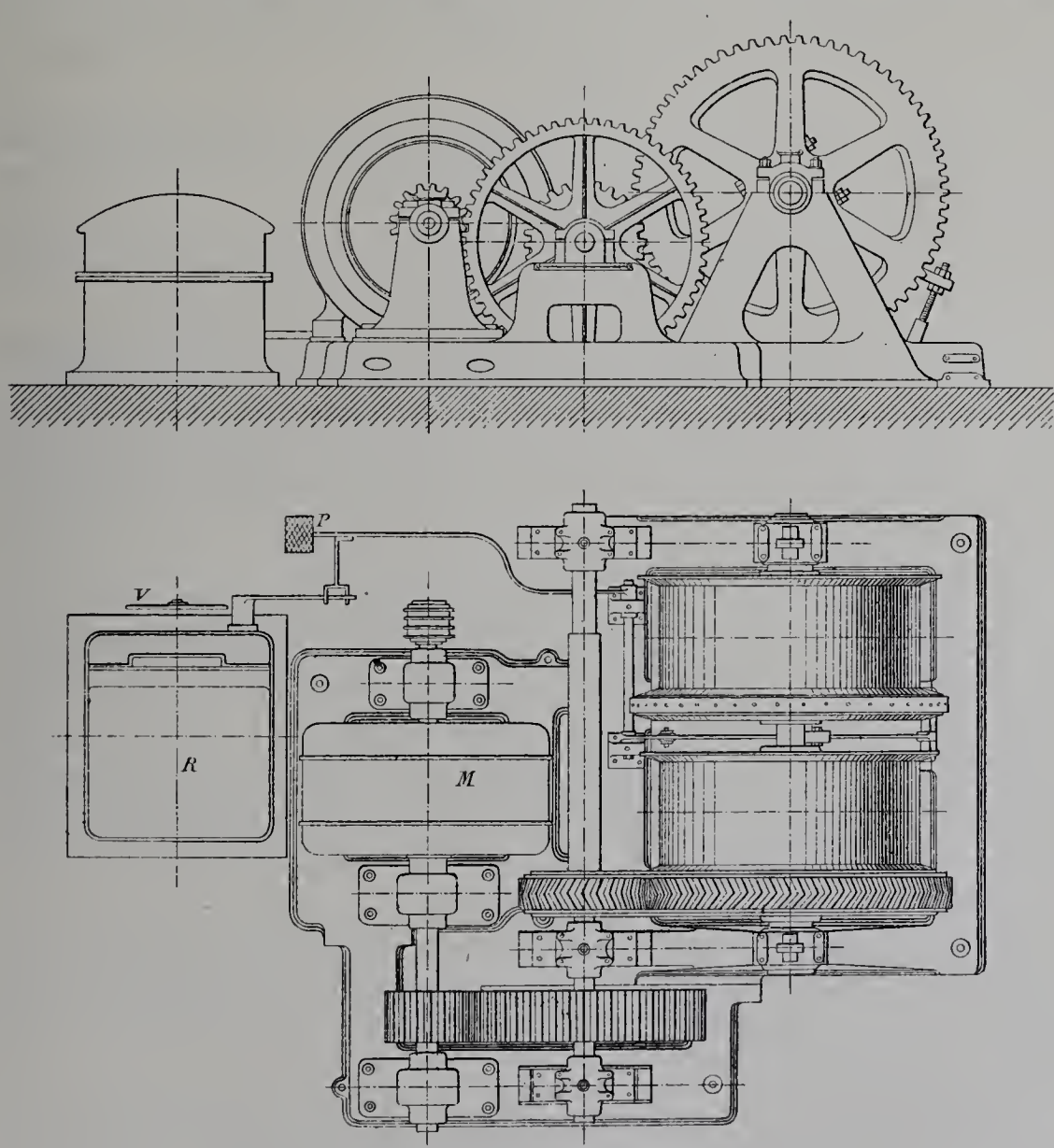


Fig. 143. — Treuil électrique des mines de la Grand'Combe.

de longueur chacun. L'un de ces tambours peut être rendu fou à volonté, afin de permettre le réglage des câbles.

Il dessert un plan incliné à deux voies dont la pente moyenne égale 30 centimètres par mètre et la longueur 500 mètres. Ce plan est pourvu de trois accrochages. On y

remonte des convois formés de 5 wagons pesant chacun 1,500 kilogrammes, plus un contrepoids équilibré qui déroule le câble à la descente.

La force nécessaire en chevaux pour remorquer ce convoi à la vitesse de 3 mètres à la seconde, vitesse normale des manœuvres, est de 93 chevaux, ce qui, en supposant au treuil un rendement de 0,75, exige de son moteur une force effectivement rendue de 124 chevaux.

Or ce moteur électrique, le même que celui de la pompe Pinette qui sera ultérieurement décrite, développe une puissance de 125 HP. Il tourne à 370 tours par minute et commande les tambours au moyen de deux harnais d'engrenages en fonte, dont le premier a une denture de bois avec pignon taillé et divisé à la machine tandis que les dents du second sont en forme de chevrons.

Le treuil est muni d'un frein à ruban à serrage automatique et desserrage par pédale. Un indicateur de marche, dont les curseurs se déplacent verticalement devant le mécanicien, indique à celui-ci la position exacte du convoi. Les manœuvres sont, du reste, excessivement faciles, le mécanicien n'agissant que sur un seul volant. Ce volant commande un rhéostat liquide de démarrage avec dispositif de changement de marche.

Cet appareil se compose essentiellement : de deux bacs en fonte pleins d'une solution de carbonate de soude (dont le dosage réglé expérimentalement correspond à 3 grammes par litre), d'un double système de deux tôles, en forme de secteurs circulaires, montées invariablement sur l'arbre du rhéostat, et d'un commutateur triple noyé dans l'huile. Le rhéostat liquide, comme pour la pompe Pinette, est sur le circuit du rotor et l'interrupteur sur la ligne correspondant à la partie fixe du moteur.

En manœuvrant le volant dans un sens ou dans l'autre, suivant le sens de marche qu'il veut obtenir, le mécanicien détermine d'abord l'enclenchement de l'interrupteur-commutateur, puis la plongée progressive des tôles du rhéostat dans le liquide. Cette opération ferme le circuit du rotor à travers une résistance qui, maximum au début, condition favorable au développement du couple de démarrage, devient nulle à la fin, quand, la vitesse normale étant atteinte, le mécanicien pousse à fond la rotation du volant et met ainsi les bacs en court circuit, grâce à un dispositif spécial plongé dans un bain d'huile.

Cette mise en marche nécessite, pour la pompe, la manœuvre de deux leviers et ne peut s'opérer que dans un sens, tandis que pour le treuil toutes les opérations s'effectuent rigoureusement dans l'ordre voulu par la simple rotation du volant. Un enfant suffirait à conduire une pareille machine.

Les fréquents démarrages du treuil ne tarderaient pas à porter le liquide du rhéostat à une haute température; aussi a-t-on pris la précaution d'établir une circulation du liquide entre le rhéostat et un réservoir de capacité suffisante pour permettre le refroidissement de la solution.

Quand on a mis ce treuil en marche, en février 1900, on craignait de brûler le moteur en y admettant le courant de la ligne pendant l'arrêt; aussi avait-on enclenché la pédale du frein de façon que celui-ci fût forcément précédé de l'interruption du courant,

et réciproquement que l'admission du courant ne pût avoir lieu qu'après le desserrage du frein. Bientôt l'expérience montra que ces précautions étaient inutiles. Aujourd'hui, le frein à ruban, continuellement maintenu desserré, ne sert à rien dans les manœuvres courantes. Par la seule puissance du moteur, agissant parfois comme générateur, en relevant suffisamment les tôles ou faisant agir le contre-courant, le mécanicien ralentit, arrête et maintient sa manœuvre au repos même dans les plus fortes pentes du plan. Le frein à ruban n'est plus qu'un appareil de secours pour le cas où une avarie survenue à la station génératrice tarirait la source électrique pendant l'ascension d'un convoi.

Les dimensions d'encombrement du groupe, treuil et moteur, sont approximativement les suivantes :

Longueur	5m 50
Largeur totale	3 70
Hauteur	2 20

La chambre qui le renferme est large de 5 mètres sur 3 m. 30 de haut.

Treuils de mines de la maison Galland (Chalon-sur-Saône).

Les treuils Galland sont connus. Ils possèdent des dispositions très variées, suivant les types et les applications. Nous signalerons seulement quelques types présentant des particularités intéressantes.

Treuil série A. — Ces treuils (fig. 144) sont à deux cylindres verticaux, fondus ensemble, reposant sur un socle en fonte qui porte en même temps deux bâtis à deux paliers. L'arbre a ses deux manivelles à 90 degrés et un pignon claveté à chaque extrémité ; deux contrepoids, fixés sur les côtés des manivelles, ont pour but d'équilibrer le poids des bielles, tiges de piston, coulisseaux et pistons. La distribution, qui est une des particularités de ce treuil, se compose essentiellement de deux tiroirs plans actionnés par la machine qui leur est opposée ; ces tiroirs ont deux conduits : un pour l'arrivée et un pour l'échappement ; des bielles, attelées aux axes des coulisseaux, transmettent le mouvement aux tiges de tiroir par des arbres à leviers.

Le changement de marche est fait par un tiroir plan, manœuvré par un levier placé à portée du machiniste. Ce tiroir porte deux conduits mettant en communication la boîte à vapeur et les cylindres moteurs. La glace sur laquelle se déplace ce tiroir a quatre orifices communiquant deux à deux avec ceux des tiroirs de distribution.

En déplaçant le tiroir à droite ou à gauche, les deux orifices de distribution communiquent avec l'admission ou l'échappement et réciproquement.

Cet appareil est d'une simplicité qui permet de le confier à un ouvrier même peu expérimenté.

Les treuils de la série A se construisent ordinairement à deux tambours placés soit de chaque côté du moteur, soit du même côté. On peut remplacer les tambours par des bobines pour câbles plats.

Ils sont tous à frein, à contrepoids à serrage normal. Ils comportent le simple harnais avec engrenages à chevrons. La vitesse d'enroulement est de 80 à 100 mètres à la minute. Ils peuvent soulever depuis 400 jusqu'à 1,800 kilogrammes.

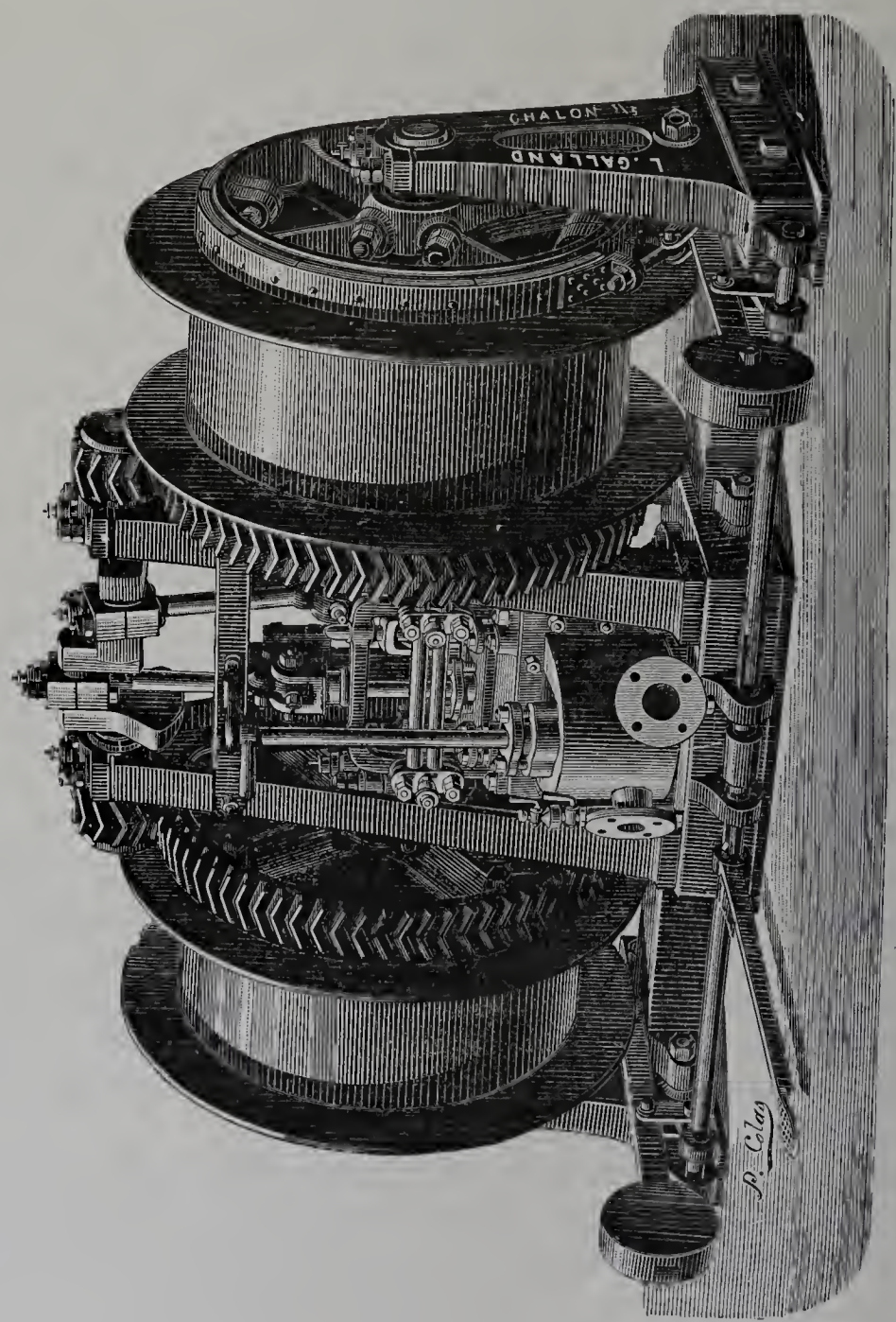


Fig. 144. — Treuil Galland, série A.

Les treuils de la série B sont analogues, mais comportent le double ou triple harnais et permettent de soulever à petite vitesse de fortes charges allant jusqu'à 6,000 kilogrammes.

Treuils divers. — Nous signalerons encore les treuils série D, dont les tiroirs de distribution, construits sur le même principe que les précédents, sont commandés par excentriques. Enfin, les treuils des séries M et N sont mus par des moteurs électriques

(fig. 145); le treuil de ce type, exposé par M. Galland, était d'une force de 3 chevaux; il possède deux tambours commandés par un double harnais d'engrenage, dont le

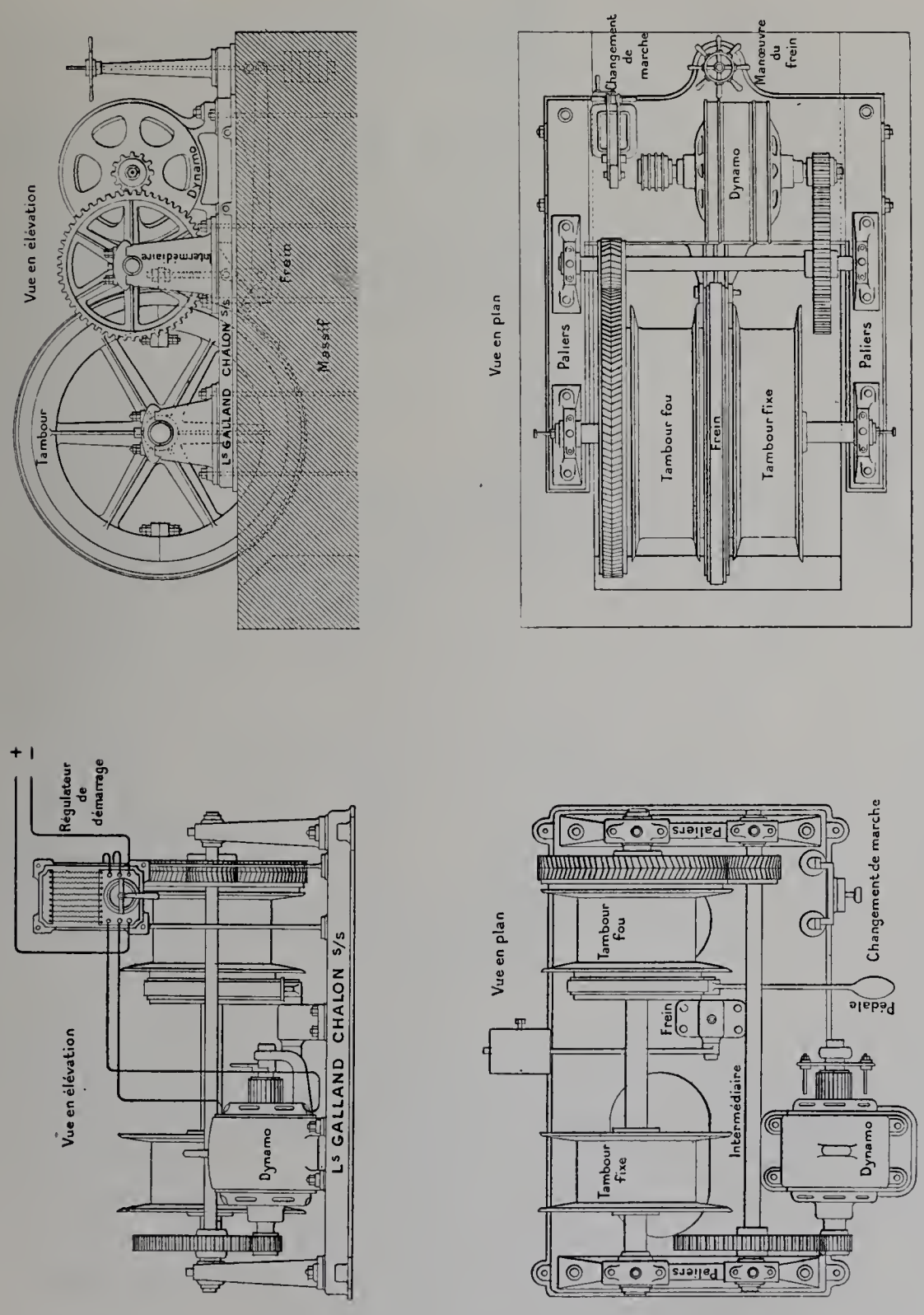


Fig. 145. — Treuils électriques, système Galland. — Types de 5 et de 50 chevaux.

premier est à denture taillée. Il peut soulever verticalement 250 kilogrammes à la vitesse de 40 mètres par minute. Les treuils de ce type peuvent développer jusqu'à 20 HP (série M) et 150 HP (série N).

Treuil «Universel» de la maison Fournier-Cornu.

Le treuil «Universel» Fournier-Cornu présente certaines dispositions intéressantes qui méritent mention (fig. 146 et 146 *bis*).

Cet appareil est mû par deux machines à vapeur ou à air comprimé placées du même côté du treuil et calées à 90 degrés. Les bielles sont montées sur le même bouton de manivelle.

Les deux tiroirs sont commandés par un seul excentrique : c'est par le déplacement ou décalage de cet excentrique que l'on obtient le changement de marche.

A cet effet, l'excentrique est monté sur un prolongement de l'arbre moteur, présen-

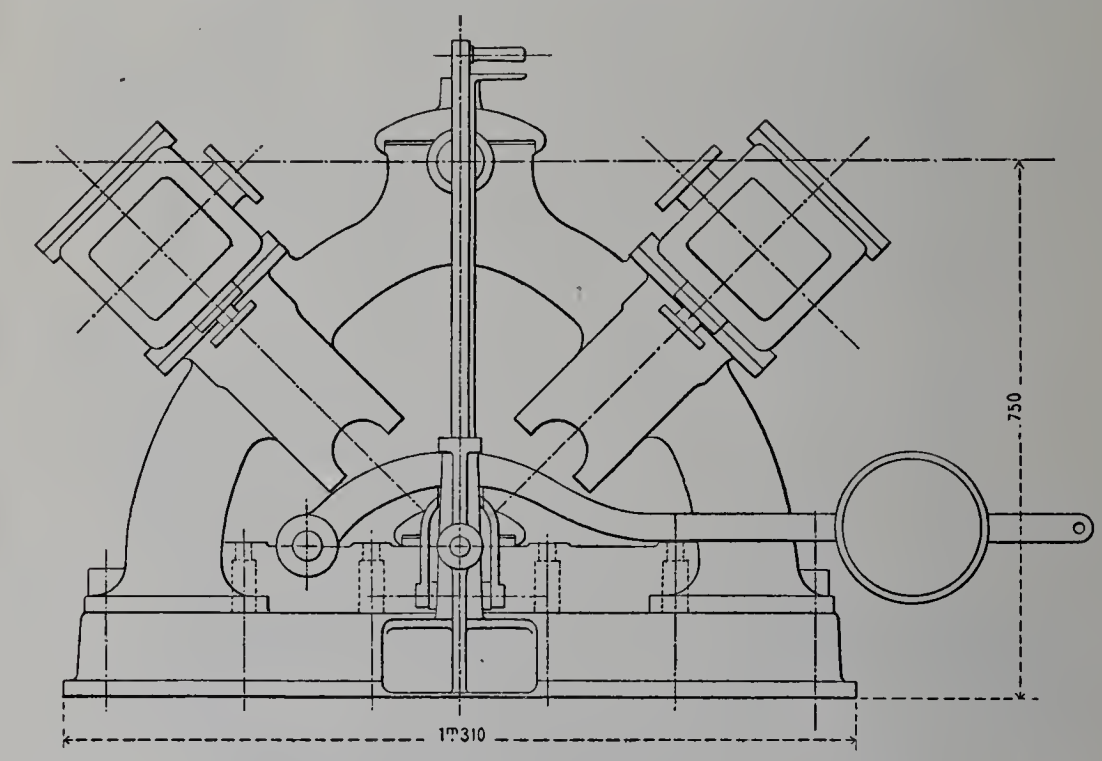


Fig. 146. — Treuil universel Fournier-Cornu avec un seul tambour, débrayage et poulie Champigny.

tant des méplats, et perpendiculaire à l'axe de la manivelle; il porte une mortaise dans laquelle s'engage le méplat de l'arbre, avec une certaine latitude de glissement (fig. 147). Par le déplacement de cette mortaise, on peut donc mettre le point de calage de l'excentrique à droite ou à gauche de l'axe. La manœuvre se fait au moyen d'un levier portant deux taquets qui sont engagés dans la gorge d'un manchon pouvant glisser sur l'arbre. Ce manchon est relié à l'excentrique au moyen de deux leviers coudés placés de chaque côté de l'arbre. Une des branches de ces leviers est articulée sur le manchon, l'autre est logée dans une mortaise pratiquée dans l'excentrique.

Un taquet d'arrêt entrant dans les crans d'un secteur, le long duquel se déplace le levier de commande, limite les courses d'admission; des crans intermédiaires permettent de faire varier la détente.

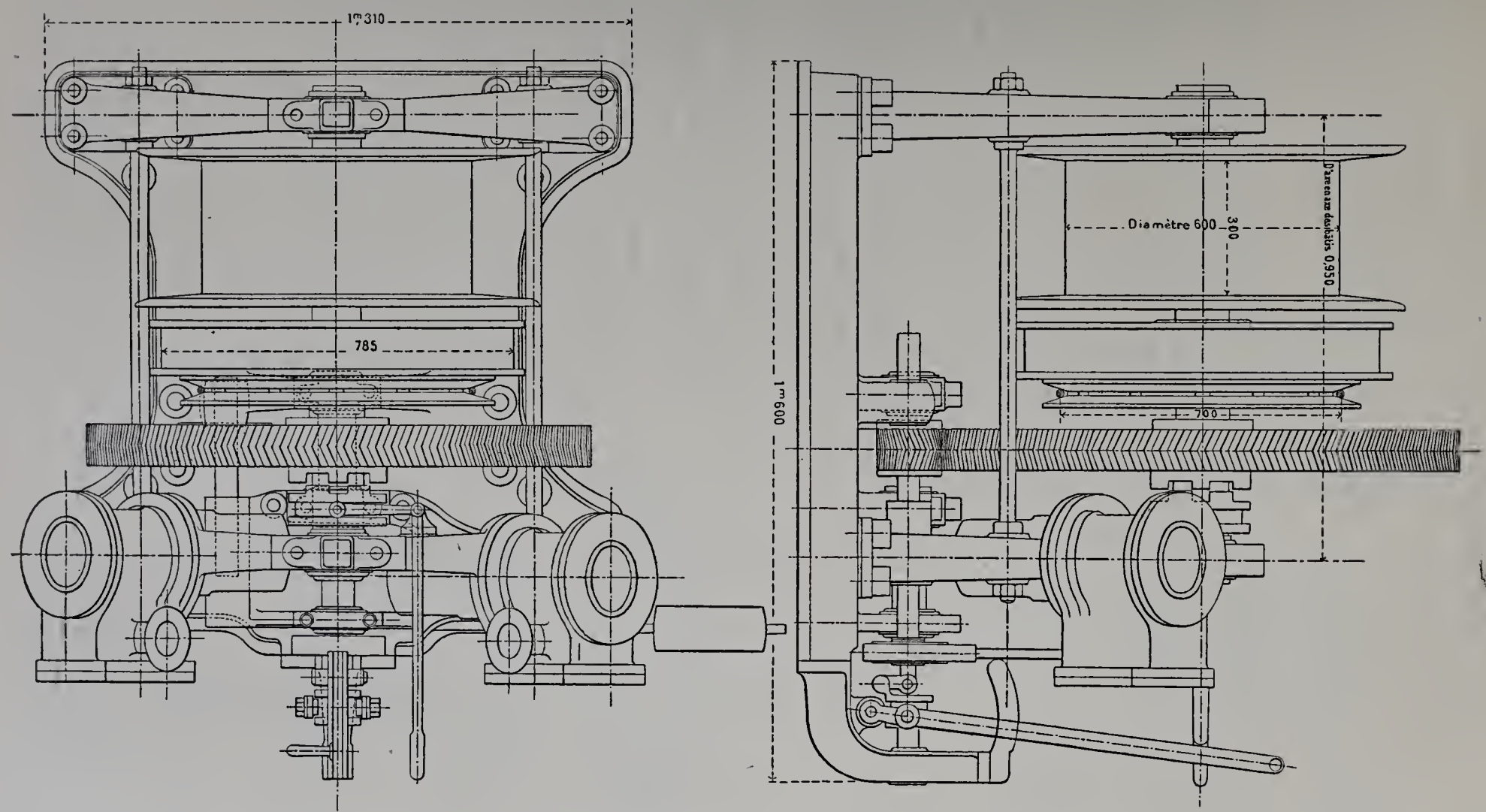


Fig. 146 *bis*. — Treuil universel Fournier-Cornu avec un seul tambour, débrayage et poulie Champigny.

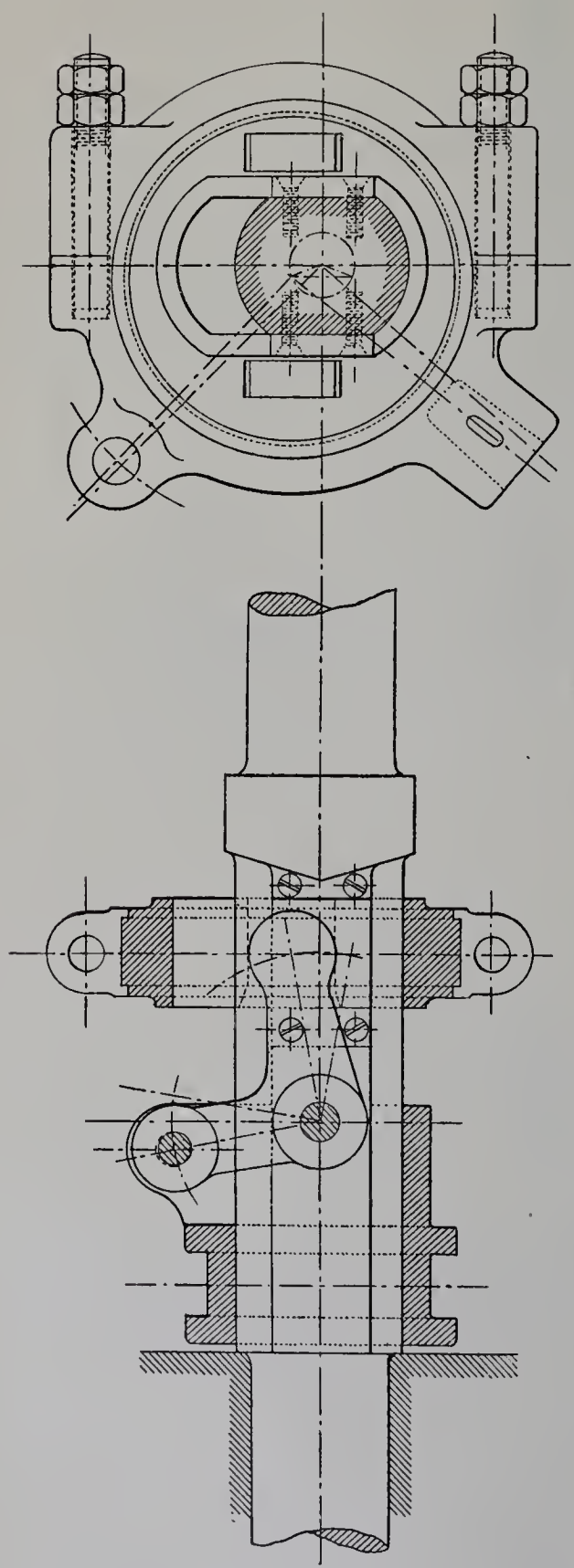


Fig. 147. — Changement de marche par excentrique coulissant. (Système Fournier-Cornu.)

Le frein est à contrepoids et est normalement serré; la commande se fait au moyen d'un levier actionnant une chaîne qui soulage le contrepoids en desserrant le frein.

L'engrenage de commande peut être rendu fou sur l'arbre des tambours; dans ce but, il porte au moyeu des crans dans lesquels viennent se placer ceux d'un manchon glissant sur l'arbre qui lui communique son mouvement au moyen de deux clavettes. Un levier permet d'opérer l'embrayage ou le désembrayage. On peut aussi fixer une poulie Champigny sur la poulie de frein pour permettre la descente des charges sans le secours des machines.

Ce treuil universel comporte une série de types variant de 5 à 40 HP (pression de vapeur : 5 kilogrammes).

Treuil Chauvet de la maison Fournier-Cornu.

Le treuil Chauvet est combiné de façon à faciliter autant que possible son transport dans les cages des puits ainsi que dans les galeries de mine.

On peut enlever sans difficulté l'arbre des tambours, l'engrenage, la poulie de frein et la poulie Champigny; dans cet état, les dimensions extérieures de l'appareil sont inférieures à celles de l'intérieur des cages; la descente est donc possible dans la mine, sans démontage de la machine.

L'appareil en lui-même est aussi compact que possible, il est monté sur un châssis en fer très robuste qui peut être muni d'essieux avec roues dont l'écartement peut varier suivant les voies adoptées dans les galeries. Les essieux et les roues

s'enlèvent facilement lorsque le treuil est arrivé à l'endroit voulu. On le fixe alors avec des boulons.

Nous allons donner quelques détails sur les trois types exposés qui présentent des dispositions intéressantes.

Treuil à cylindres de 160 × 180. — Ce treuil, désigné sous la force nominale de 14 chevaux, se compose de deux cylindres à vapeur ou à air comprimé ayant 160 millimètres d'alésage et 180 millimètres de course des pistons; les boîtes à tiroir sont inclinées de manière à placer les excentriques tout à côté d'une branche des manivelles, ce qui permet de réduire notablement la largeur de l'appareil; le changement de marche se fait au moyen d'un levier actionnant une coulisse de Stephenson; l'arbre moteur porte un pignon à denture à chevrons engrenant avec la roue placée sur l'arbre des tambours; cet engrenage est fou sur l'arbre dont il est rendu solidaire à l'aide d'un manchon à crans entrant dans ceux du moyeu de l'engrenage; ledit manchon est commandé par un levier à la portée du mécanicien.

Pour remonter les charges, on embraye le manchon à crans et on se sert des machines, tandis que pour les descendre on débraye le manchon et, l'engrenage devenant libre, l'arbre des tambours est mis en mouvement avec toutes les pièces qu'il porte et la descente se fait seule en réglant la vitesse au moyen du frein.

Le frein spécial est à mâchoires et à vis et d'une très grande énergie; il se compose de deux mâchoires portant chacune un sabot en bois; elles sont articulées à leur partie inférieure sur deux axes traversant le châssis en fer et portent à leur partie supérieure une chape dans laquelle se trouve un écrou en bronze muni de deux tourillons s'emmanchant dans les flasques de la chape; l'un de ces écrous est fileté à droite et l'autre à gauche; une vis, dont les extrémités sont filetées comme les écrous, commande ces derniers et serre ou desserre les deux mâchoires du frein. A l'une des extrémités de cette vis est monté un levier portant un fort contrepoids; le moyeu de ce levier est armé de petits crans s'emmanchant dans d'autres petits crans pratiqués dans une surépaisseur de la vis et servant à rattraper le jeu se produisant au fur et à mesure de l'usure des sabots. Ce frein est normalement serré et, pour mettre le treuil en marche, le mécanicien doit soulager le contrepoids au moyen d'une chaîne passant sur une poulie de renvoi et attachée à l'extrémité du levier de contrepoids.

Outre les deux tambours latéraux, ce treuil est pourvu en son milieu, c'est-à-dire entre les cylindres, d'une poulie Champigny permettant d'utiliser le treuil soit pour plans inclinés à deux voies, soit pour ceux à une seule voie.

Treuil à cylindres de 140 × 180. — Ce treuil, désigné sous la force nominale de 10 chevaux, est composé des mêmes organes que le précédent et ayant la même disposition, sauf la commande du changement de marche qui se trouve sur l'un des côtés du treuil au lieu d'être entre les cylindres. Il est muni de deux tambours latéraux et son frein est du type à serrage ordinaire, avec bande garnie de sabots en bois, de sorte

que, pour le faire agir, le mécanicien doit appuyer sur la pédale. Une vis, passant dans une colonne et commandée par un volant, assure le serrage du frein dans le cas d'un arrêt prolongé.

Treuil à cylindres de 135 × 150. — Comme les treuils 160 × 180 et 140 × 180, celui-ci est composé des mêmes organes avec la même disposition, sauf quelques modifications. Le changement de marche est toujours à coulisse de Stephenson et commandé par un levier portant un taquet entrant dans les crans d'un secteur denté pour assurer la marche avec l'admission de vapeur ou d'air nécessaire au travail que doit effectuer le treuil.

Il porte un seul tambour dans le milieu et par suite se place dans l'axe d'une voie unique ; on se sert alors, pour monter les charges, de la vapeur ou de l'air comprimé et, pour descendre les chariots vides, on débraye le manchon à crans du pignon et la descente s'opère au moyen du frein qui en règle la vitesse.

L'arbre du tambour est prolongé en dehors du hâti pour pouvoir recevoir s'il y a lieu des tambours d'enroulement de câble (ou des poulies Champigny) dans le cas de deux voies à desservir.

Tous ces treuils peuvent se construire avec des puissances variant de 5 à 45 HP avec 5 kilogrammes de pression de vapeur.

On peut aussi supprimer les engrenages en actionnant directement l'arbre moteur des tambours ; dans ce cas, la vitesse d'ascension est cinq fois plus grande et la charge élevée cinq fois plus petite.

Ce type de treuil est, en somme, très pratique et peut rendre dans beaucoup de cas des services précieux.

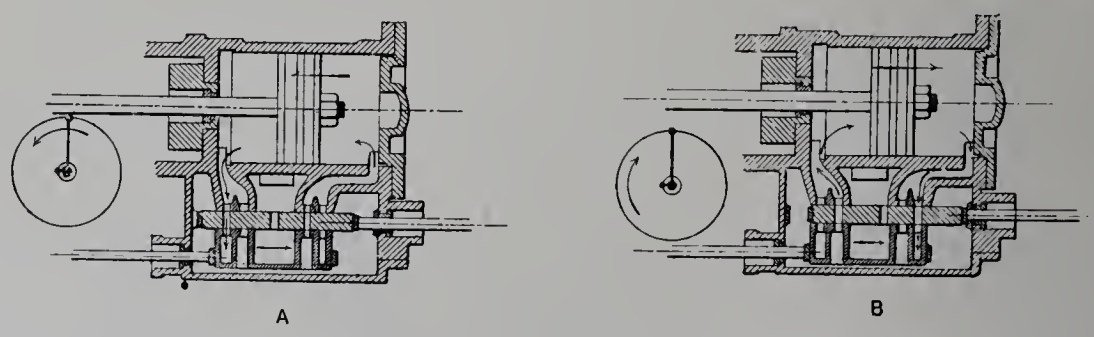


Fig. 148. — Changement de marche Fouquemberg (treuils Pinette).

A. Marche en avant, piston à mi-course, tiroir à fin de course.
B. Marche en arrière, piston à mi-course, tiroir à fin de course.

Changement de marche Fouquemberg.

Les treuils à vapeur ou à air comprimé de la maison Pinette sont munis d'un dispositif particulier de changement de marche réalisé par M. Fouquemberg.

Cette opération se fait au moyen du déplacement d'une plaque spéciale placée entre

la glace du cylindre et le tiroir. Avec cette disposition un seul excentrique suffit et on supprime par conséquent l'usage de la coulisse qui, dans des appareils tels que ces treuils de mine, demande beaucoup d'entretien. La plaque de changement de marche se manœuvre au moyen d'un levier.

La figure 148 donne la coupe d'un cylindre et son tiroir muni du changement de marche Fouquemberg.

IMPRIMERIE NATIONALE.

CHAPITRE VI.

APPAREILS DE SÉCURITÉ.

C'est un fait remarquable à noter que le développement donné aux mesures de sécurité dans les mines. Il est impossible de ne pas constater la sollicitude à la fois des administrations publiques et des exploitants et les lourds sacrifices qu'ils se sont imposés, non seulement pour faciliter le travail de l'ouvrier en améliorant les conditions générales de l'exploitation (transport, aérage, éclairage, appareillage mécanique pour l'abatage, etc.), mais encore pour assurer sa sécurité personnelle, et le mettre souvent même à l'abri des conséquences funestes d'une maladresse, d'une inattention ou d'une imprudence.

Il faut reconnaître, en effet, que beaucoup d'accidents sont causés par des actes irréfléchis de la part de l'ouvrier, soit qu'il s'agisse de l'ouverture intempestive des appareils d'éclairage, soit d'une imprudence commise en s'engageant dans des voies de transport sans s'assurer qu'elles sont libres, en manœuvrant aux recettes sans vérifier la présence exacte de la cage au niveau, etc.

On peut même dire qu'à force de vivre au milieu du danger l'ouvrier mineur arrive à s'y habituer et atteint souvent une indifférence qui est la cause d'imprudences, d'autant plus fréquentes que les mesures de sécurité en augmentant rendent les accidents plus rares et, par là même, donnent à l'ouvrier une confiance exagérée.

C'est pour lutter contre cette tendance dangereuse de l'ouvrier que l'on a surtout cherché à rendre les appareils automatiques, et à restreindre autant que possible ou supprimer complètement la part d'initiative réservée à l'homme dans leur manœuvre. C'est le principe qui a présidé à l'établissement des barrières automatiques, des évite-molettes et appareils de sécurité destinés aux appareils d'extraction, etc.

Nous ne parlerons pas ici des appareils d'éclairage que nous examinons dans un autre chapitre.

Travail aux tailles. — En dehors des précautions prescrites dans toutes les mines pour le service du boisage, dont l'exécution doit se faire dans de certaines conditions pour suivre le travail d'avancement et s'opposer aux affaissements du toit et aux éboulements si dangereux, il faut signaler une mesure nouvelle, simple et efficace qui a été prise dans les mines de Courrières. Elle consiste en un étayage rapide, provisoire, au moyen d'allonges métalliques placées sous le toit et supportant ce dernier en porte à faux pendant les travaux d'abatage. Ce simple dispositif facilite le travail, augmente le rendement de l'ouvrier tout en le préservant d'une façon efficace contre les éboulements du toit. Il suffit de consulter les statistiques intéressantes établies à Courrières

pour se rendre compte de ce dernier point. Il serait certainement à désirer de voir se propager cette méthode simple et économique.

Accidents dans les puits ou plans inclinés. — On a beaucoup étudié dans presque toutes les exploitations les questions de sécurité qui se rapportent aux puits ou aux voies de transports. C'est ainsi que nous verrons des systèmes de barrières, d'enclanchements, de signaux qui sont destinés à empêcher toute manœuvre intempestive d'ouverture des voies et les chutes graves qui en seraient la conséquence. Comme nous l'avons déjà dit, presque tous ces appareils de fermeture de puits ou de voies sont automatiques et ne peuvent être manœuvrés que lorsque les cages ou les berlines sont à la place ou au niveau voulu.

Les appareils de transports ont été l'objet également de mesures de sécurité spéciales; des parachutes perfectionnés sont actuellement adaptés aux cages et aux plans inclinés.

Nous citerons particulièrement parmi ces derniers le dispositif créé par la Compagnie de Bessèges pour le transport des ouvriers dans les plans inclinés des mines de Molières.

Appareils de sécurité des machines d'extraction. — Au fur et à mesure que l'extraction est devenue de plus en plus intensive, on a augmenté la vitesse de marche des cages dans les puits. Dans ces conditions, les accidents qui peuvent se produire par suite d'une inattention du mécanicien, à la recette supérieure, mise en molettes ou autres, sont devenus de plus en plus à craindre par la fréquence des cordées et par la vitesse de marche.

On s'est beaucoup préoccupé d'empêcher ces accidents de se produire en combinant des appareils de sécurité qui limitent automatiquement la vitesse lorsque la cage arrive à une certaine distance de la recette supérieure, et qui bloquent le frein lorsque la cage dépasse cette recette d'une hauteur donnée. Tous ces appareils sont très délicats, et demandent une surveillance constante. Nous en étudierons un certain nombre reposant sur des principes différents; mais la pratique seule pourra en indiquer les défauts et permettre d'arriver à des types plus ou moins définitifs. Parmi ces appareils, deux sont à commande électrique (système Neu, système Massaux); ils sont ingénieux mais trop récents pour qu'on puisse constater s'ils répondent à ce qu'on est en droit d'attendre d'un appareil de ce genre, qui doit présenter une sécurité complète de fonctionnement, à l'abri des inconvénients et aléas qu'offrent souvent les appareils à commande électrique.

Procédé de soutènement provisoire employé dans les mines de Courrières.

Dans le travail d'abatage de la houille, le toit ou le plafond de la veine doit, nécessairement, être supporté par un étançonnement à mesure qu'on enlève son appui naturel; dans toutes les mines on emploie, pour cela, un boisage qu'on place en suivant l'avancement, mais qui laisse, au cours du travail, subsister un certain intervalle dégarni en

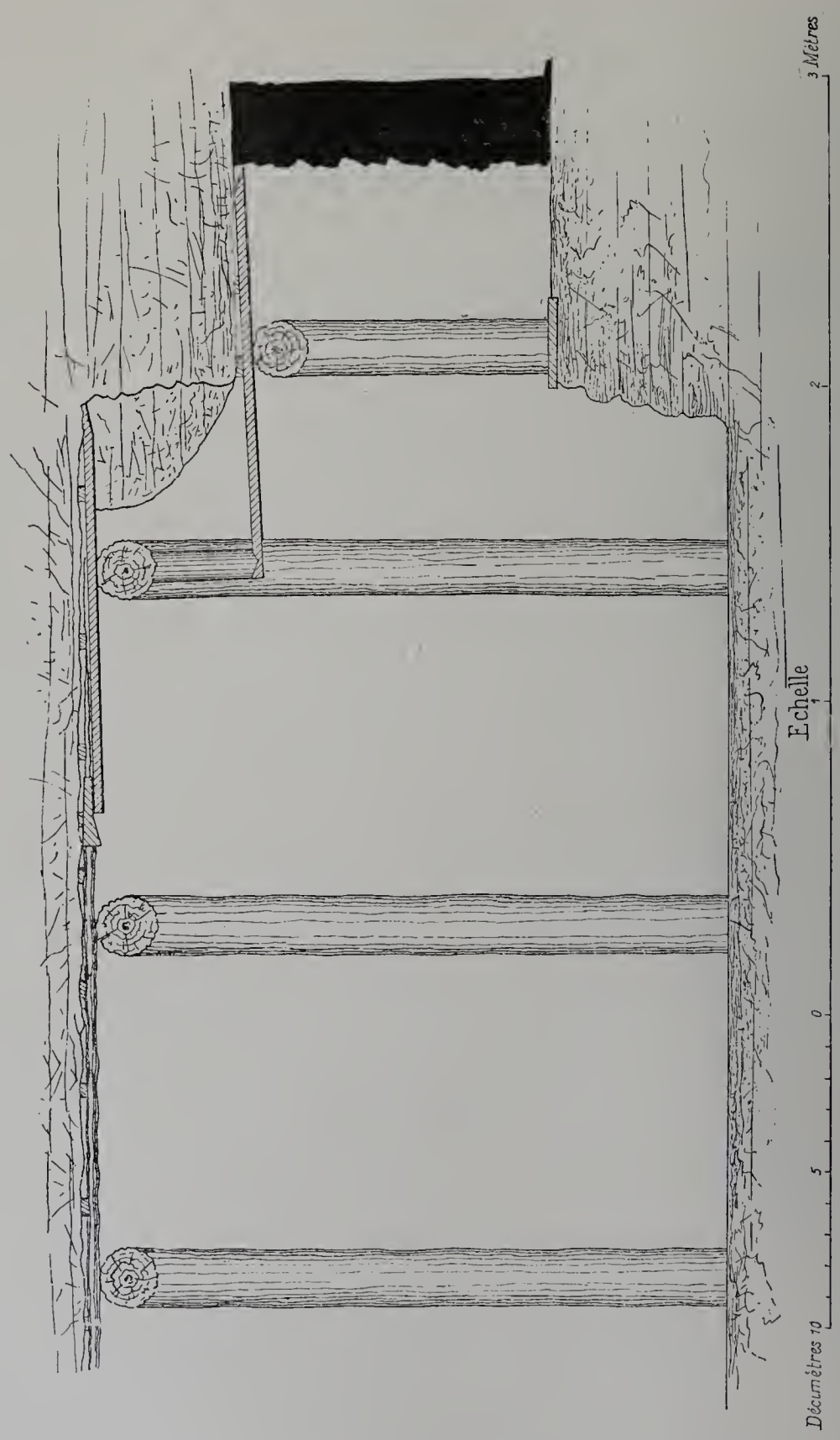


Fig. 149. — Emploi d'un soutènement provisoire par allonges métalliques. (Mines de Courrières.)

avant de la dernière ligne des supports placés jusqu'à ce qu'on ait l'espace suffisant, généralement 1 mètre, pour établir une nouvelle ligne.

A la Compagnie de Courrières, on oblige les ouvriers à se servir, pour le soutène-

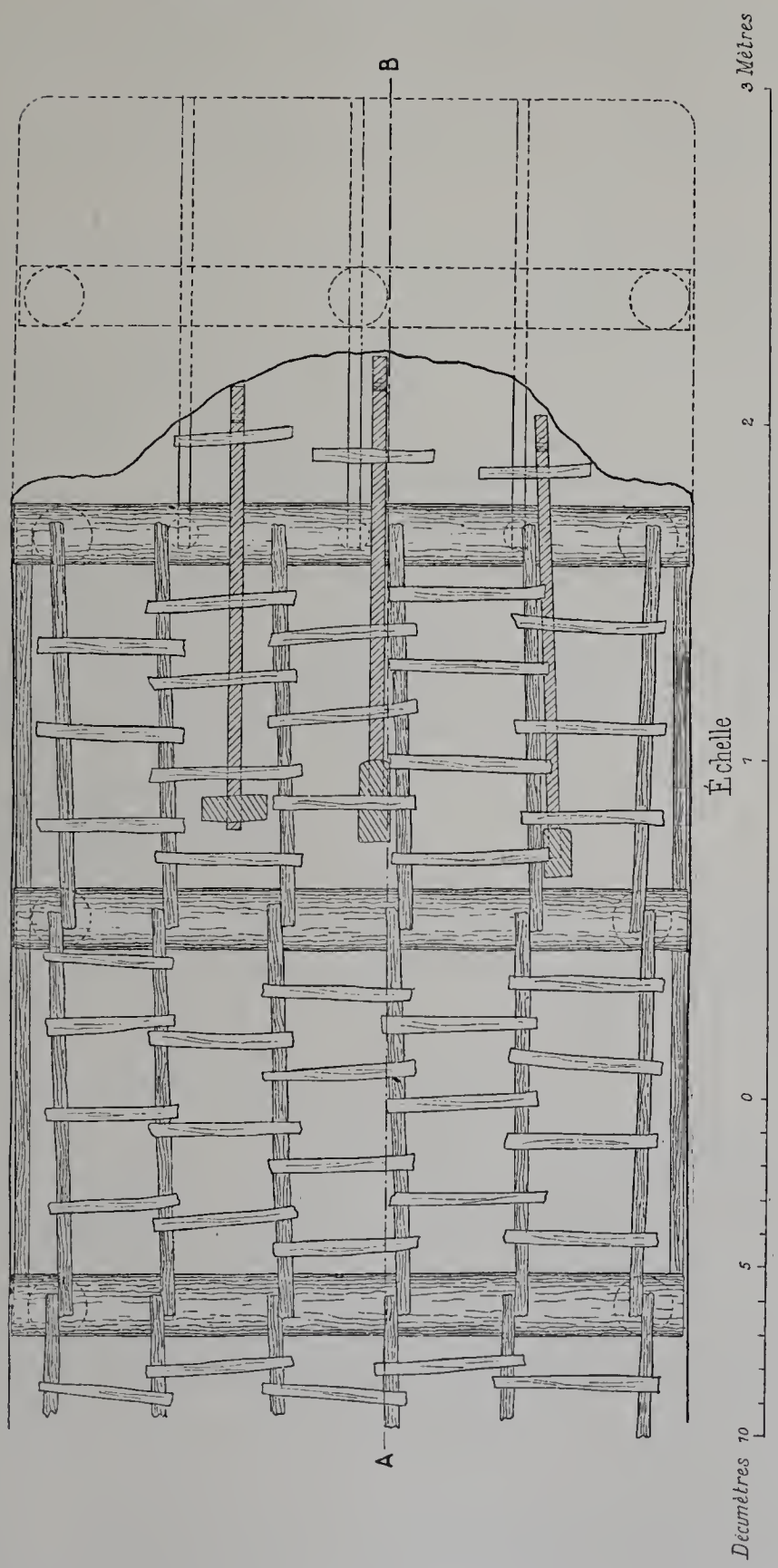


Fig. 149 *bis*. — Emploi d'un soutènement provisoire par allonges métalliques.
(Mines de Courrières.)

ment provisoire de cette avancée au delà du boisage définitif, de barres de fer (fig. 149 et 149 *bis*) qu'on appelle «allonges», et qui sont placées à porte à faux sur le dernier chapeau, à la manière de palplanches; ces allonges sont serrées à l'arrière

par un coin qui les soulève en avant et les fait appuyer fortement contre le toit. En très peu de temps, ce coin peut être décalé, l'allonge avancée et le coin resserré, et cela en se reculant, pour opérer, sous la protection du boisage définitif, de sorte qu'à toute période du travail, on peut se garantir efficacement contre la chute d'un fragment du toit.

Les allonges ont 1 m. 30 de longueur, elles sont en fer carré de 35 millimètres de côté et ont une extrémité un peu effilée, pour faciliter leur introduction sur le boisage et pour pouvoir mieux les appliquer contre le toit.

Les ouvriers disposent chacun de trois allonges qui font partie de leur outillage et dont ils sont, à ce titre, responsables; ils ont l'ordre de les placer au-dessus de l'endroit où ils travaillent, en les avançant à mesure qu'ils s'enfoncent dans la veine, et en ne les retirant qu'après la pose d'une nouvelle ligne de boisage.

Le nombre des allonges employées actuellement dans les travaux des mines de Courrières dépasse 6,000.

La Compagnie attribue en grande partie à leur usage la rareté des accidents par éboulements qui se produisent dans ses chantiers.

Il est, en effet, remarquable de constater la différence entre le taux moyen des accidents de ce genre en France et le taux correspondant de Courrières :

	ACCIDENTS PAR ÉBOULEMENTS DE :		
	1870-1879.	1880-1889.	1890-1899.
	—	—	—
	p. 1000.	p. 1000.	p. 1000.
France	4.90	2.75	2.04
Courrières	3.13	0.70	0.39

Évite-molettes des mines de Liévin.

Cet évite-molettes répond au programme suivant :

1° Le mécanicien est libre de l'allure de sa machine pendant la plus grande partie du trajet des cages dans le puits;

2° Lorsque la cage montante arrive à une distance déterminée du jour, 60 mètres par exemple, l'appareil fonctionne et, pour toute nouvelle position de la cage, fixe une vitesse qui ne peut être dépassée. Les vitesses tolérées décroissent au fur et à mesure de l'approche des taquets et se réduisent à une faible valeur, 1 mètre par exemple, au-dessus des taquets;

3° Si la vitesse dépasse la limite tolérée, à un moment quelconque, l'appareil ferme l'admission de vapeur et actionne le frein.

L'action du frein est variable suivant la position de la cage. Très progressive et lente pour les grandes vitesses du jour, elle devient de plus en plus rapide à mesure que la cage se rapproche de la recette;

4° Si la cage, sortant de la recette, franchit au-dessus d'elle un point déterminé, l'action du frein est instantanée et bloque la machine; ce qui n'a pas d'inconvénient

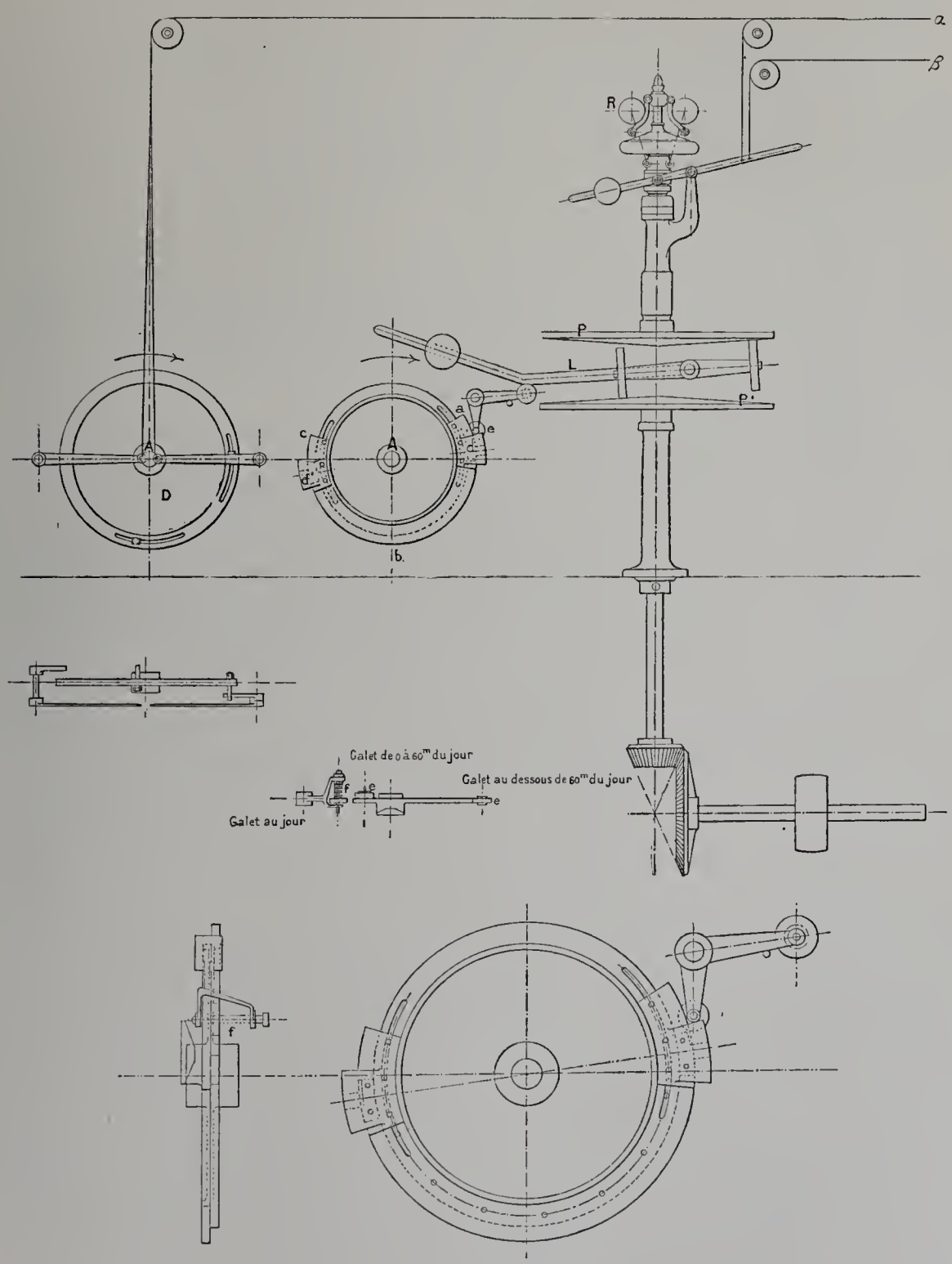


Fig. 150. — Evite-molettes des Mines de Liévin.
Mécanismes d'embrayage ou débrayage de l'appareil et d'ouverture ou fermeture de vapeur.

car la vitesse est alors très réduite par l'appareil. Le serrage du frein est produit par un sabre placé dans le chevalement et que la cage fait mouvoir;

5° Lorsque la cage descend, la vitesse est limitée pendant quelques mètres au-dessous de la recette, puis le mécanicien redevient maître de l'allure de sa machine;

6° Pour assurer le fonctionnement constant de l'appareil, un organe spécial provoque à chaque voyage la fermeture de la prise de vapeur pendant l'ascension et le mécanicien, pour redonner la vapeur, est obligé de mettre son levier de modérateur à la position «fermé à fond», puis d'ouvrir de nouveau le modérateur.

Ceci posé, l'appareil, dont les figures 150, 151 et 152 donnent le dessin schématique, comprend :

1° Un arbre horizontal A, mû par une vis sans fin commandée par l'arbre de la machine. La rotation de cet arbre est inférieure à un tour pour une ascension de la cage. Il porte trois plateaux B, C, D, munis de bâtons ou de cames particulières :

B embraye ou débraye l'appareil;

C règle les vitesses et actionne le frein;

D ferme la prise de vapeur à chaque voyage.

Nous verrons plus loin le fonctionnement complet de ces plateaux.

2° Un régulateur R (fig. 150) portant à sa partie inférieure un plateau circulaire P. Au-dessous de P se trouve un second plateau circulaire P′, parallèle au premier, pouvant tourner autour d'un axe vertical, dans le prolongement de celui du régulateur. P′ est mis en mouvement par la machine par engrenages et poulies.

Entre P et P′ se trouve un système de galets en cuir calés sur un même arbre tournant dans une douille portant deux axes en croix avec elle. Ces deux axes, perpendiculaires à l'arbre des galets, portent des coulisseaux qui se meuvent dans des glissières placées de chaque côté des plateaux. Ces axes sont, de plus, munis d'un levier L qui, en se relevant ou s'abaissant, empêche ou provoque le contact des galets avec les plateaux. Lorsque le contact est établi, le plateau P est entraîné par le mouvement de rotation des galets et met en marche le régulateur;

3° Une soupape équilibrée E (fig. 151) placée en avant du modérateur. Le globe de cette soupape est supporté par une tige qui se termine à sa partie supérieure par un petit piston placé dans un corps de cylindre. Le dessus du piston est en communication constante avec l'échappement. Le dessous communique avec l'arrivée de vapeur par un très petit trou F; il peut aussi communiquer avec l'échappement par une ouverture plus grande commandée par la soupape G automatique. Cette soupape est actionnée par un levier à contrepoids K. Si ce levier se soulève, la soupape est repoussée et ouvre son orifice supérieur à F. Par suite de la dépression, le piston descend et le globe ferme l'admission de vapeur. Si le levier redescend, G se ferme et la vapeur reprenant sa pression au-dessous du piston, celui-ci se relève et ouvre l'arrivée de vapeur.

Fonctionnement. — Le mécanicien, comme on l'a dit, est libre de son allure jusqu'au moment où la cage montante arrive à 60 mètres, par exemple, du jour. A partir de ce moment l'appareil commence à fonctionner grâce au plateau B qui l'embraye.

Ce plateau porte, en effet, un chemin de roulement *abc* et deux cames *d* et *d'*. Pendant l'ascension libre, un galet *e* maintenu par un ressort *f* repose sur le chemin *abc*. Ce galet est placé à l'une des branches d'un levier coudé, dont l'autre actionne le levier L. Tant que *e* se trouve sur *abc*, L est relevé et les galets de cuir ne reposant pas sur les plateaux, le régulateur est débrayé.

Lorsque la cage arrive à 60 mètres, l'extrémité de l'axe du galet *e* rencontre la came *d* qui porte un plan incliné; l'axe est repoussé, le ressort se comprime et le galet *e* quitte le chemin de roulement *abc*, pour suivre un plan incliné sur lequel il est maintenu par sa joue. Il se rapproche du centre du plateau et le régulateur est embrayé par le contact des galets de cuir avec P et P'. Puis le galet quittant le point *a* devient libre, le régulateur étant toujours embrayé.

Si la cage descend, *e* reste libre pendant quelque temps et le régulateur embrayé; puis, rencontrant l'extrémité *a*, le galet *e* monte brusquement sur le chemin de roulement *abc*, en débrayant le régulateur jusqu'à ce que la came *d'* entre en jeu, produisant pour l'ascension de la seconde cage les mêmes effets que pour la première. L'appareil entrant en jeu, si la vitesse du régulateur dépasse une limite donnée, ce dernier actionne un levier qui, par câbles métalliques, agit sur le frein et sur l'arrivée de vapeur.

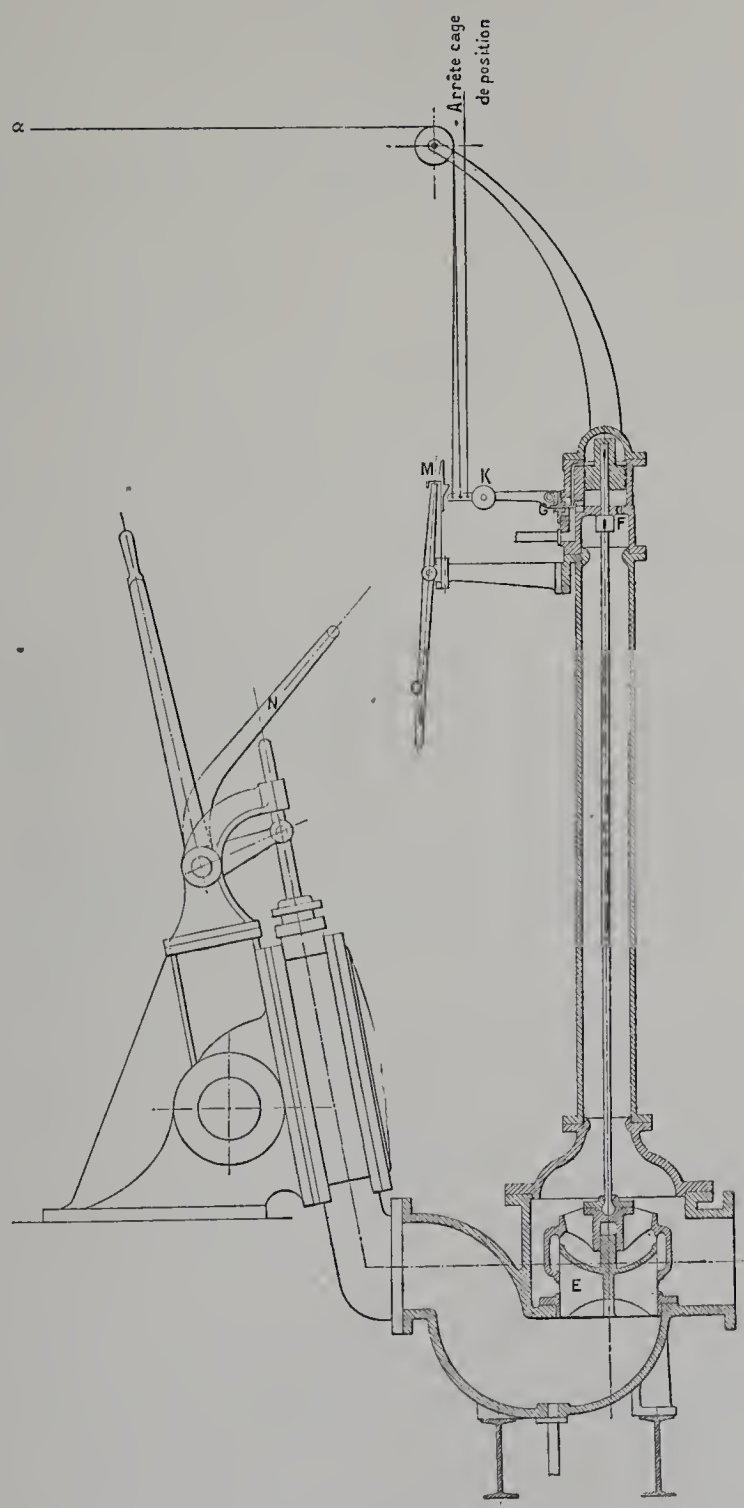


Fig. 151. — Evite-molettes des Mines de Liévin. Système d'ouverture et fermeture de vapeur actionné par le plateau D.

Pour que le fonctionnement du régulateur puisse suivre les vitesses tolérées pour le mécanicien, il est nécessaire de modifier, en conséquence, les vitesses d'entraînement du plateau P. Ceci se fait simplement en déplaçant convenablement les galets d'entraînement en cuir entre les plateaux. A cet effet, le plateau C (fig. 152) est muni de deux cames *g*, *g'*, dont le profil a été calculé suivant le programme des vitesses limites correspondant à des distances données de la recette. Un galet roulant sur le plateau *c* vient gravir ces cames en agissant sur le levier *h* qui, par l'intermédiaire de deux biellettes, déplace dans les glissières la croix portant les galets de cuir; à chaque position du galet,

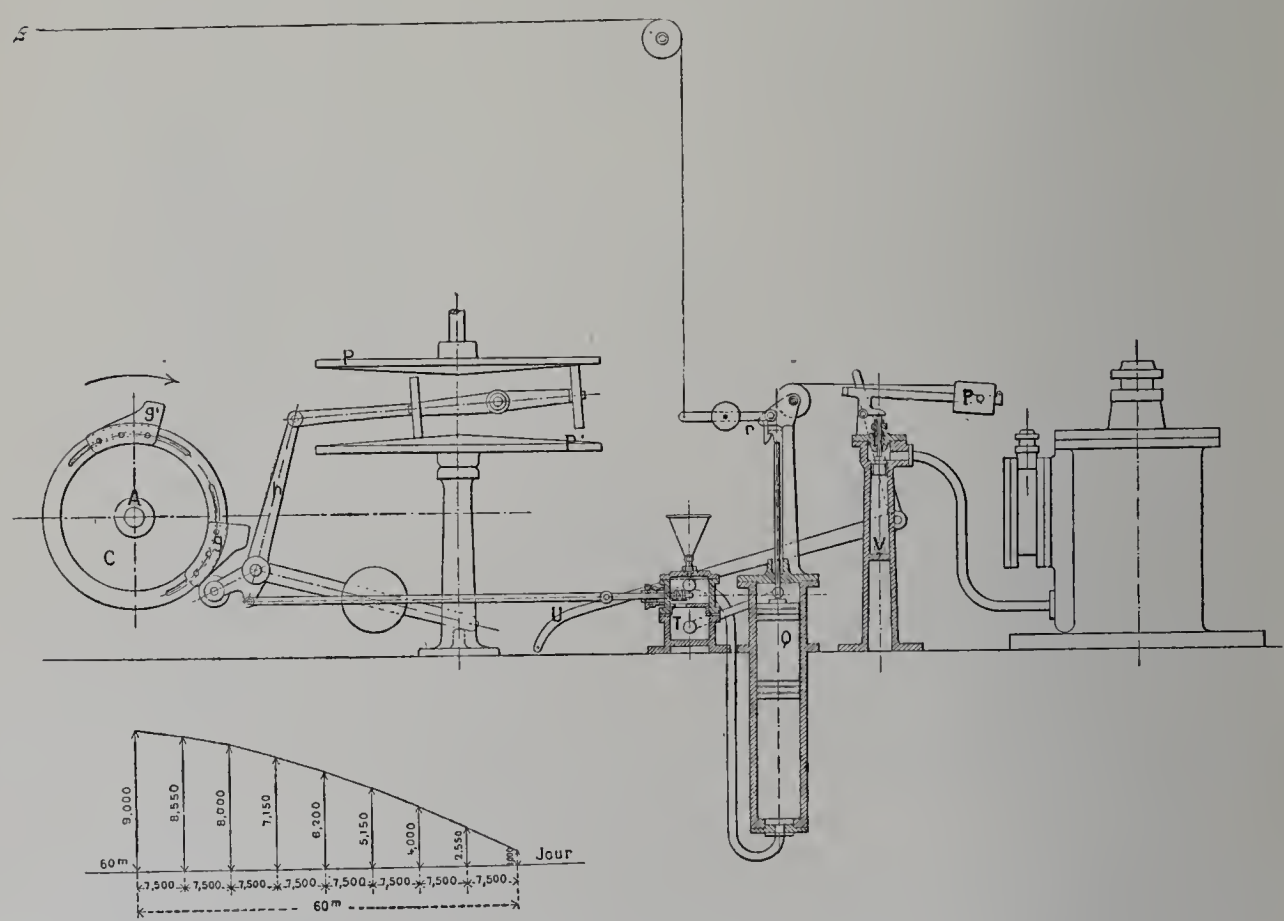


Fig. 152. — Évite-molettes des Mines de Liévin.
Mécanisme de réglage des vitesses et de mise en action du frein.

correspond une plus grande vitesse d'entraînement de P, qui doit être compensée par une réduction de vitesse correspondante bien déterminée du plateau P', pour que le régulateur soit en équilibre.

Si donc le mécanicien observe rigoureusement les variations de vitesses voulues, le régulateur se trouvera toujours en équilibre. Sinon, ce dernier entre en jeu et actionne la soupape et le frein.

1° *Action sur la soupape.* — Le levier sur lequel agit le régulateur est relié par un câble métallique α au levier du contrepoids K. Lorsque le régulateur actionne son levier, le contrepoids K est soulevé et la soupape se ferme instantanément. Le levier du contre-

poids K vient s'enclencher sur le butoir porté sur le ressort M, qui l'empêche de redescendre. La soupape *b* reste donc ouverte et l'admission fermée.

Pour rouvrir l'admission, le mécanicien est obligé de ramener son levier de modérateur à la position «fermé à fond»; dans ce mouvement le levier N, solidaire du précédent, vient buter sur le levier O, déclenche le contrepoids qui, en retombant, ferme la soupape G, et provoque, par conséquent, la réouverture de l'admission;

2° *Action sur le frein.* — Le levier du régulateur agit par un second câble β sur un levier à contrepoids portant un arrêt *r*. En temps ordinaire l'arrêt *r* supporte un contrepoids Q formant piston dans un corps de cylindre.

L'admission de vapeur dans le frein est arrêtée en V par une soupape maintenue sur son siège par un levier à contrepoids P. Si le poids P se rapproche de la soupape, celle-ci se relève progressivement sous l'action de la vapeur en produisant une admission progressive dans le frein et par suite un serrage progressif de ce dernier. Or le poids P est relié par un câble métallique et une poulie au contrepoids Q. Lorsque ce dernier est déclanché, P est entraîné sur son levier et le frein fonctionne. La rapidité du fonctionnement dépend donc de la rapidité de la chute de Q. Or Q forme, nous l'avons dit, piston dans un cylindre rempli de liquide de fluidité constante; les deux fonds du cylindre sont mis en communication au moyen de tuyaux et d'un cylindre annexe divisé en deux par une cloison percée d'un orifice par lequel doit passer le liquide. Cet orifice peut être plus ou moins obturé par un tiroir T, qui règle ainsi l'écoulement du liquide et par suite la vitesse de déplacement de Q. Le tiroir T est commandé par une tige reliée au levier qu'actionne la came *g* du plateau *c*. L'ouverture de T augmente donc au fur et à mesure que la cage se rapproche du jour et que la vitesse diminue. Lorsque le frein a fonctionné, on remet Q et P en place à la main à l'aide du levier U.

On peut, pour rendre la machine plus docile, exercer une certaine pression sur la poulie du frein pendant la descente des hommes, en déplaçant, à la main, le contrepoids P sur son levier.

Arrêt instantané au-dessus des taquets. — Cet arrêt est produit par un sabre installé dans le chevalement; la cage, en le soulevant, agit par deux câbles fixés à ce sabre, sur le frein et la soupape, en levant P et K. L'arrêt de la vapeur et le fonctionnement du frein sont alors instantanés.

Fonctionnement périodique de l'appareil. — Ce fonctionnement est obtenu à l'aide du plateau D. Celui-ci porte deux doigts agissant, chacun dans un sens de la marche de la machine, sur deux leviers réunis par deux câbles à un câble unique. Ce câble, lorsqu'un doigt abaisse le levier correspondant, soulève le contrepoids K et ferme par suite la soupape d'arrêt. Le mécanicien, pour remettre en marche, est obligé de ramener son levier de modérateur à la position «fermé à fond» comme on l'a déjà dit.

Appareil de sécurité et d'arrêt des machines d'extraction des mines de Dourges, système A. Foby.

L'appareil de M. Foby, à air comprimé, a pour but d'assurer l'arrêt absolu d'une machine d'extraction en cas de rupture de conduite de vapeur ou de mise à molettes. Il est appliqué à la fosse n° 7. (Voir fig. 153.)

Cet appareil se compose d'un réservoir A, de deux cylindres de diamètre différent, dont un B plus grand que C. Les pistons de ces cylindres sont attelés sur une même tige dont l'une des extrémités commande le système de leviers D et D'. A l'extrémité de

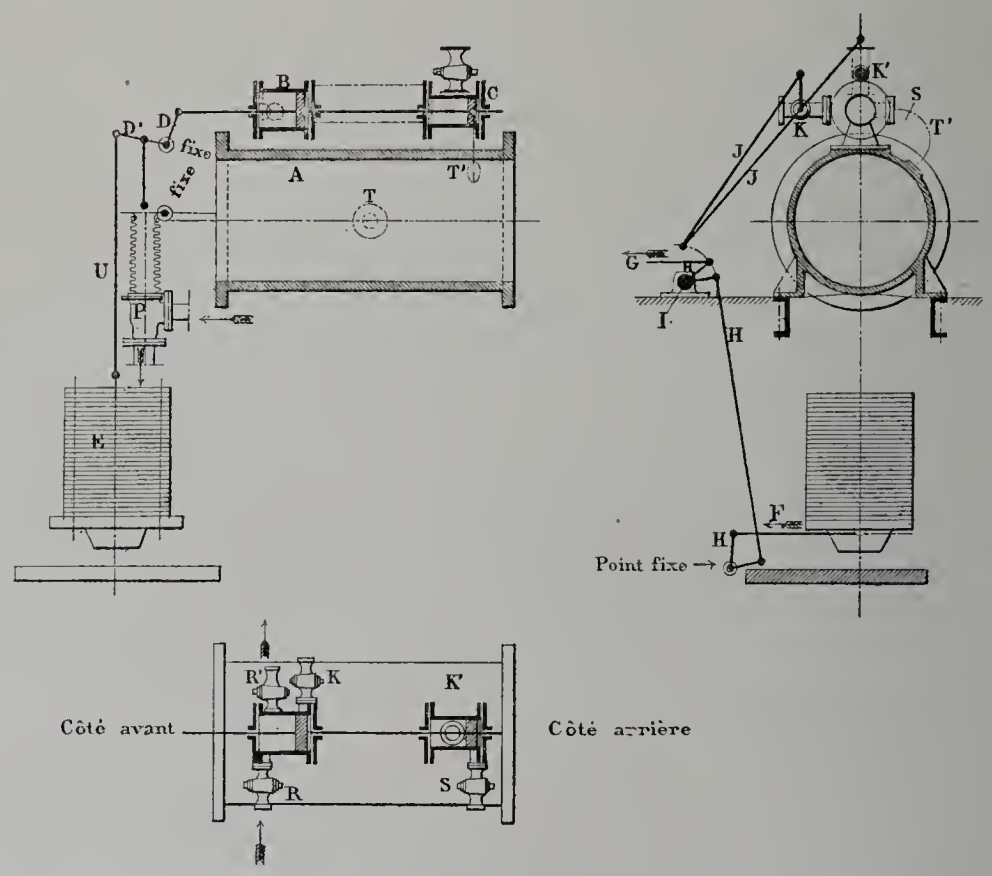


Fig. 153. — Dispositi de sécurité, système Foby, des Mines de Dourges.

ce dernier, est suspendu un contrepoids E posé sur des verrous F effacés par la cage, lors d'une mise à molettes, par l'intermédiaire des leviers G et H. Sur l'arbre I sont calés des leviers réunis par des bielles J à d'autres leviers calés sur les obturateurs K et K'.

Fonctionnement. — L'air comprimé est admis dans le réservoir A en soulevant le clapet de retenue T, il établit pression sur la face arrière du petit piston par le tuyau T' et le robinet S qui est ouvert. La vapeur admise par le robinet R sur la face avant du grand piston et par le robinet R' va à la boîte à vapeur du cylindre de frein. En marche normale, ce dernier fonctionne donc à la vapeur. Vu la différence de section des pistons, ces derniers se maintiennent dans la position indiquée au croquis, et leurs diamètres

sont tels qu'en supposant l'air comprimé à sa pression maxima, et la vapeur à une pression minima, leur position suivant croquis est assurée. L'obturateur K qui fait communiquer la face arrière du grand piston avec le réservoir est fermé. L'obturateur K′ mettant en relation la face du petit piston avec le dessous du cylindre de frein est ouvert en partie. (Ouverture réglable à volonté par un écrou à pas contraire.)

Voyons maintenant les cas qui peuvent se produire.

1° *Rupture de conduite.* — La conduite d'arrivée de vapeur sur laquelle est branchée celle du frein a fait explosion, ou, autre accident, le générateur a explosé pendant que la machine d'extraction est en pleine marche. Immédiatement la pression en avant du grand cylindre B disparaît et le petit piston est repoussé en avant par la pression de l'air qui n'est plus contrebalancée. La communication entre les robinets R et R′ est alors fermée par le grand piston; tandis que l'air, passant par K′ et S, mis en communication par le déplacement du petit piston, est introduit dans le cylindre de frein. Cet air comprimé remplit le cylindre et ne peut s'échapper par le tuyau d'arrivée de vapeur par suite de la position du grand piston qui fait obturateur.

Dans le cas où le tiroir serait plein, de telle sorte que le dessous du cylindre de frein fût en communication avec l'échappement, une soupape P a été intercalée sur le tuyau d'échappement. En marche normale elle est ouverte, mais lorsque les pistons se déplacent en avant, elle se ferme automatiquement sous l'effet de deux ressorts à boudin. Il ne peut donc y avoir aucune perte d'air comprimé qui l'empêche d'agir sur le fond.

Un lien flexible (chaîne galle ou câble), réunissant l'extrémité du levier D′ au contrepoids E, permet le mouvement du levier sans agir sur le contrepoids. Les leviers H et J restant fixes, les obturateurs K et K′ restent, le premier fermé, le second partiellement ouvert. L'ouverture partielle de ce dernier a permis de faire agir le frein progressivement dans le but de ne pas occasionner une rupture du câble par une action brutale du frein.

2° *Mise à molettes.* — Dans le cas d'une mise à molettes, la cage, atteignant le système de leviers établi en haut du chevalet, provoque l'effacement des loquets F par l'intermédiaire des leviers H. Le contrepoids établi pour obtenir un effort supérieur à l'excédent de pression de la vapeur sur le grand piston à celle de l'air comprimé sur le petit produit le déplacement jusqu'à fond de course et, par suite, le fonctionnement du frein par admission de l'air comprimé. Par le déplacement de l'arbre I et par l'intermédiaire des leviers H et J, l'obturateur K s'est ouvert partiellement, et de l'air comprimé a été admis sur la face arrière du grand piston assurant ainsi la position des pistons vers l'avant, en même temps qu'il fera fonctionner l'appareil en cas de rupture de la chaîne ou du câble U. L'obturateur K′, ouvert en plein, a permis d'admettre en pleine section l'air comprimé au cylindre de frein et de faire agir ce dernier instantanément, tel doit être le cas lors d'une mise à molettes.

En réalité, l'appareil pourrait fonctionner sans le contrepoids vu que l'air comprimé admis sur la face arrière du grand piston nous donne un effort qui, ajouté à celui sur la face arrière du petit piston, produira certainement le mouvement de ceux-ci vers

l'avant. L'ouverture progressive de l'obturateur K, les résistances passives de l'appareil pourraient amener un retard dans le fonctionnement, tandis que le contrepoids, l'effacement immédiat des loquets provoquera le déplacement instantané des pistons.

Disons, en outre, que le réservoir d'air comprimé a été établi d'un volume tel qu'en supposant une rupture de la conduite d'arrivée d'air comprimé, la pression par l'effet du clapet de retenue T se maintient pendant le temps nécessaire à une réparation.

L'air ainsi emmagasiné constitue une force vive assurant le fonctionnement du frein dans les deux cas d'accidents décrits ci-dessus. Il présente également l'avantage d'avoir de l'air à la pression maxima, même s'il arrivait qu'à un moment donné l'air comprimé tombe à une pression inférieure à sa pression normale, car le clapet retiendrait dans le réservoir *a*, pendant plusieurs heures, l'air à la pression normale qu'il a pu atteindre précédemment.

Évite-molettes des houillères de Saint-Étienne.

Cet appareil, établi par M. Villiers, est destiné à agir automatiquement, quelques tours avant l'arrivée des cages au jour, sur un frein à double énergie et sur les tiroirs de distribution de la vapeur aux machines.

La première est destinée à obtenir un premier ralentissement; la seconde n'est employée pour avoir un arrêt complet que dans le cas où les cages dépassent au-dessus de la recette un niveau donné.

Cet appareil met en jeu également le servo-moteur qui actionne les tiroirs de distribution de vapeur; il renverse l'admission et complète l'action du frein simple. Dès que les cages ont ralenti, elles achèvent sans difficulté pour le machiniste leur course complète. Si cette course continue au delà de la limite admise, la cage agit sur un déclic qui provoque la chute d'un contrepoids, lequel ouvre l'admission de la vapeur au piston du frein et produit un blocage énergique qui arrête les cages, déjà ralenties, avant leur arrivée aux molettes.

Voici la description détaillée de cet appareil.

Il comprend dans son ensemble une table carrée A de 0 m. 90 de côté, portée par un pied carré fixé au plancher de la salle des machines.

La table A est dressée et reçoit les divers organes de l'appareil dont les deux effets à produire sont :

1° Manœuvre automatique du frein à air comprimé;

2° Renversement automatique de la marche des machines.

Le détail des pièces est donné par les légendes des figures 154, 155, 156 et 157.

1° *Manœuvre automatique du frein à air comprimé* (fig. 154 et 155). — L'arbre des bobines commande une vis B, à raison de deux tours de la vis pour un tour de l'arbre. Un manchonnage à plateaux permet d'immobiliser et de régler facilement cette vis.

Elle porte deux écrous réglables, surmontés de deux cames profilées D et D'. Celles-ci,

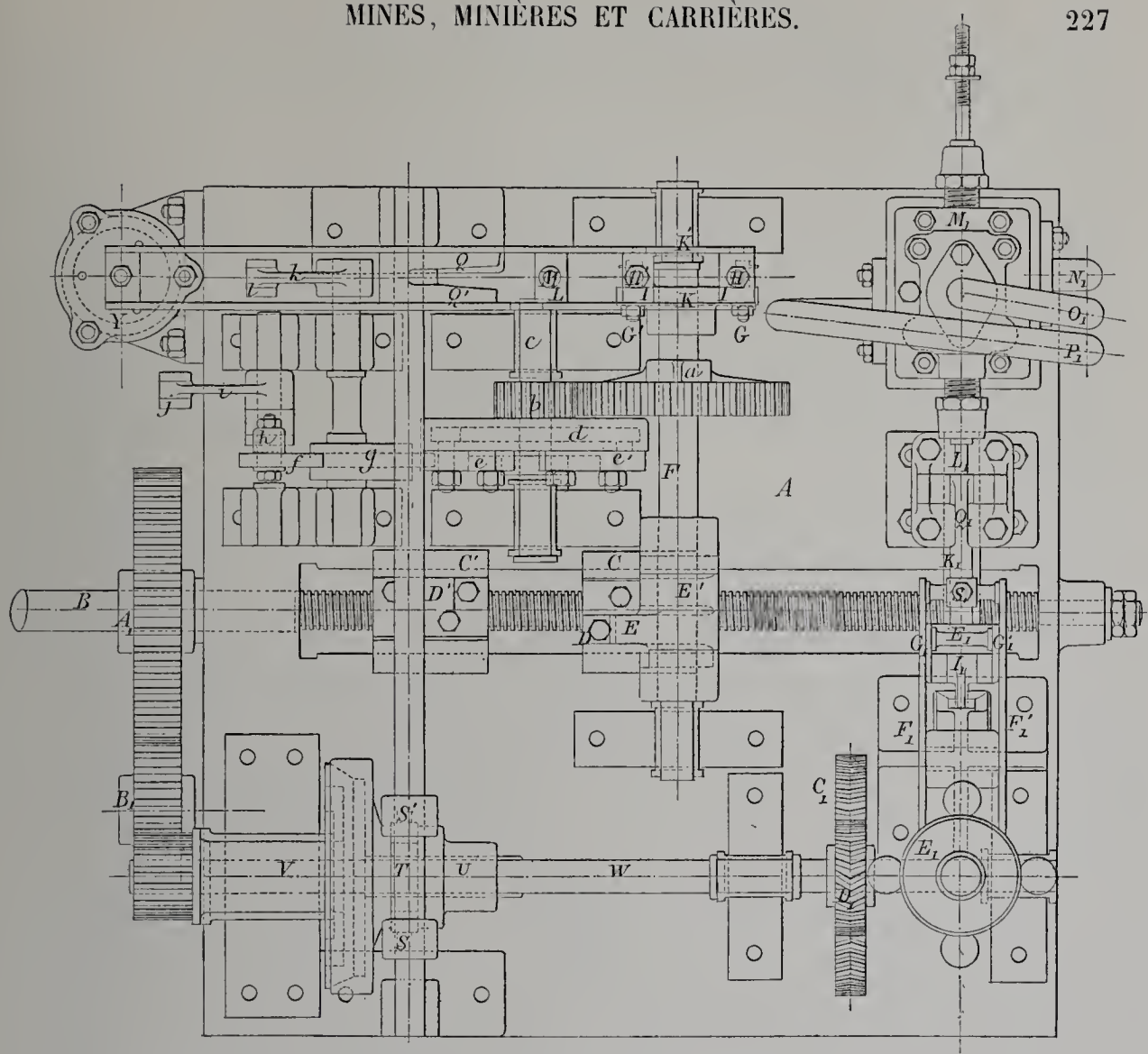


Fig. 154. — Évite-molettes des houillères de Saint-Étienne. — Plan général.

LÉGENDE DES FIGURES 154 ET 155. — *Disposition générale et commande de l'embrayage à friction.*

A Table en fonte recevant les différentes pièces de l'appareil.
B Vis recevant son mouvement de l'arbre de la machine d'extraction.
C, C' Écrous mobiles réglables conduits par la vis B.
D, D' Cames profilées symétriques, portées par les écrous CC'.
E, E' Leviers symétriques conduits par les cames D, D'.
F Arbre conduit alternativement par les leviers E, E'.
G, G' Balanciers à bras inégaux, calés sur F.
H, H' Bielles articulées en G et G'.
I, I' Douilles à articulations, guidant les bielles H, H'.
K, K' Balanciers entretoisés, fous sur l'arbre R, conduits par I ou I'.
L Douille à articulation fixée sur K, K'.
M Bielles conduites par L.
N Ressort à boudin à tension réglable.
O Douille à articulation guidant la bielle M et conduite par N.
P Jeu maximum entre les pièces M et O.
Q, Q' Leviers clavetés sur l'arbre R, conduits par la pièce O.
R Arbre portant les leviers Q, Q'.
S, S' Leviers clavetés sur R, conduisant l'embrayage à friction.
T Collier de l'embrayage à friction.
U Cône mobile de l'embrayage.
V Roue d'engrenage formant cône fixe de l'embrayage.
W Arbre conduit par l'embrayage à friction.
X Bielle articulée sur K, K' et conduisant la tige du piston à air.
Y Piston à air modérant la vitesse de descente du piston.
Z Contrepoids de rappel des balanciers K, K'.

LÉGENDE DES FIGURES 154 ET 156. — *Commande du changement de marche.*

a Roue d'engrenage clavetée sur F.
b Pignon conduit par *a*.
c Arbre portant le pignon *b*.
d Plateau à rainure circulaire claveté sur *c*.
e, *e'* Cames symétriques réglables, fixées sur *d*.
f Levier à coulisse circulaire, glissant dans la pièce *g*.
g Arbre support du levier *f*.
h Levier vertical conduisant *f*.
i Levier horizontal conduisant *h*.
j Tige reliée à la contre-poignée du levier de changement de marche.
k Levier claveté sur *g*.
l Tige conduisant le tiroir du servo-moteur.

à la fin de chaque cordée prennent, l'une ou l'autre, appui sur deux leviers E et E′, et par leur intermédiaire font tourner l'arbre F alternativement dans chaque sens d'un angle de 33° 1/2.

Le contact de D avec E commence six tours avant la fin de la cordée. En trois tours de déplacement des leviers et bielles articulés, G, H, L, K, K′, L, M, N, O, Q, Q′, R, S, S′ et T, on amène le contact des cônes U et V d'un embrayage à friction.

Pendant deux tours et demi le contact est maintenu par la compression du ressort N, qui peut être réglée en grandeur et en intensité. Un demi-tour avant la fin de la cordée, la pièce D abandonne le levier E, et le contrepoids Z, qui avait été soulevé par le mouvement des balanciers K, K′, retombe et ramène toutes les pièces à leurs positions initiales.

La vitesse de chute du contrepoids est modérée par l'échappement étranglé, réglable à volonté, de l'air aspiré au-dessous du piston Y pendant l'élévation de celui-ci.

Chaque levier E conduit l'arbre F dans le sens de la course directe de la came correspondante. Pendant la course rétrograde, E tourne autour de F sans l'entraîner.

A la fin de la cordée suivante, les mêmes phases se renouvellent, mais l'embrayage est alors conduit par la came D′ et le levier E′.

Lorsque les cônes de friction sont en contact, le train des roues A_1, B_1 et V met en mouvement l'arbre W.

Celui-ci actionne :

1° Par l'engrenage à chevrons C_1D_1, le régulateur E_1;

2° Par l'excentrique I_1 et sa tige, la butée H_1.

A une vitesse donnée des machines, le jeu du régulateur E_1 abaisse les bielles pendantes G_1, G_1' et la butée H_1.

Le mouvement de celle-ci déplace alors le guide K_1 et la tige L_1 d'une quantité égale à la course de l'excentrique I_1.

Le tiroir M_1 qui, dans sa position moyenne, découvre l'admission d'air comprimé à la boîte à tiroir du cylindre du frein, change de position sur sa glace : l'air comprimé qui tenait le piston soulevé s'échappe par les conduits N_1 et P_1; le contrepoids rendu libre serre le frein et ralentit ainsi les machines.

La butée R_1 amenée par la tige S_1 et le ressort T_1 maintient le tiroir dans sa nouvelle position.

Dès que le ralentissement est produit, le régulateur descend, relève les butées H_1 et R_1; le ressort V_1 ramène en place le tiroir M_1 : il y a de nouveau admission d'air comprimé au-dessous du piston du frein. Celui-ci se desserre et permet aux machines d'achever la cordée.

Le régulateur est établi pour se lever à 250 tours. Le rapport des vitesses de l'arbre des bobines et de l'arbre du générateur est 1/15,3. Le frein fonctionne donc pour une vitesse de la cage montante :

$$N = \frac{5^m,120 \times 3,14 \times 250}{15,3 \times 60} = 4^m,350$$

En faisant varier la tension du ressort supérieur du régulateur E_1, on peut augmenter ou diminuer cette vitesse de 10 p. 100; elle sera donc comprise entre 3 m. 915 et 4 m. 785.

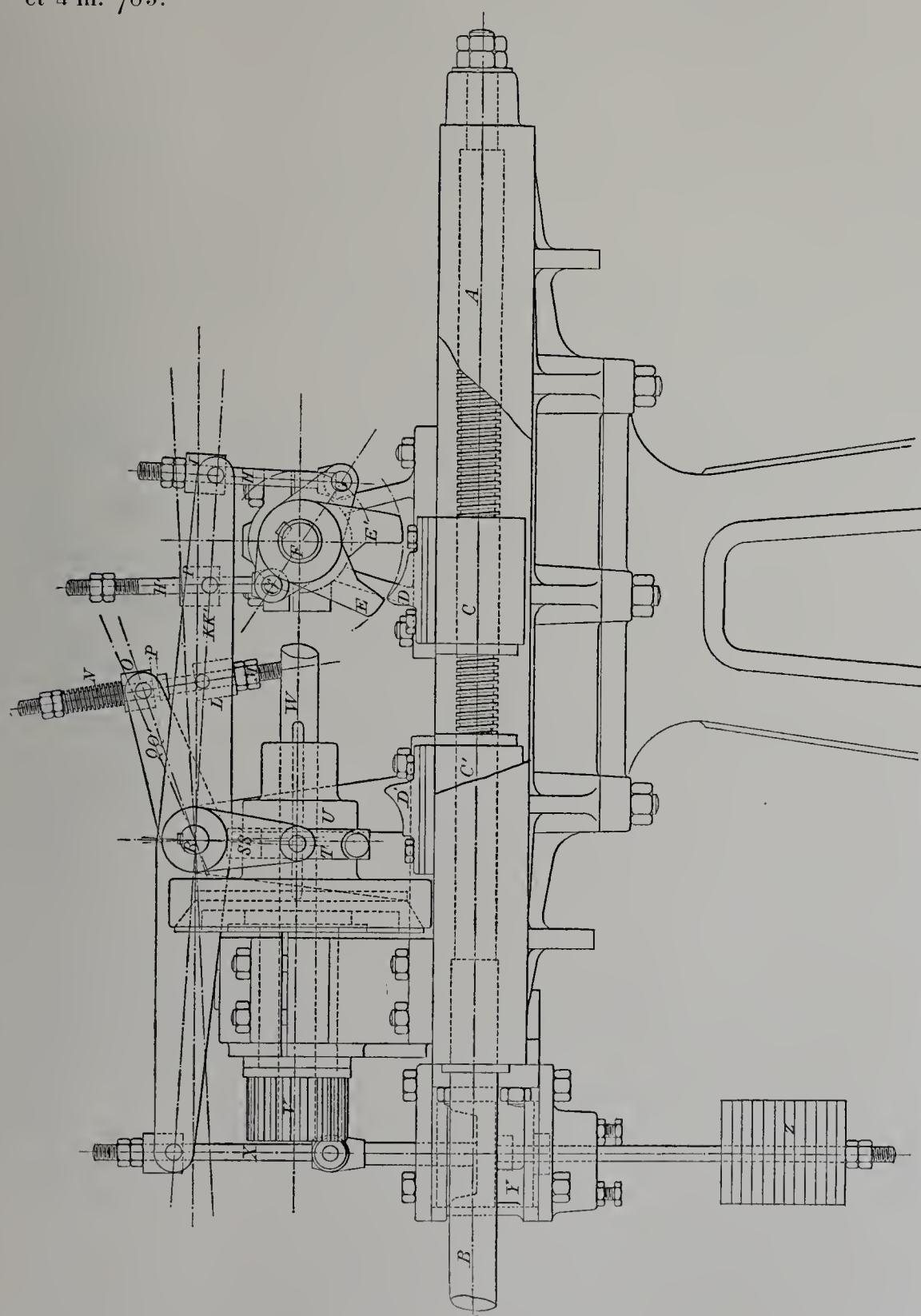


Fig. 155. — Évite-molettes des houillères de Saint-Étienne. Mécanisme de manœuvre automatique du frein à air comprimé. (Voir la légende de la page 227.)

Ainsi ralenties les cages ne doivent arriver au niveau des recettes extérieures qu'avec une vitesse ne dépassant pas 4 m. 350 par seconde; toutefois il peut se faire que le

IMPRIMERIE NATIONALE.

desserrage du frein par le régulateur ne se produise qu'à une faible distance des recettes, que les machines reprennent de la vitesse, que le frein fonctionne trop tard, surtout en raison de l'entraînement énergique des masses descendantes, et que les cages arrivent avec trop de vitesse à l'évite-molettes du chevalement.

Le deuxième mouvement de l'appareil doit parer à ce danger.

2° *Renversement automatique de la marche des machines* (fig. 154, 156 et 157). — La barre de commande du servo-moteur sert de glissière à un loquet vertical articulé à une tige qui coulisse sur le levier de changement de marche, levier attaqué par le servo-moteur.

Cette tige solidaire de la contre-poignée du levier de commande participe donc au mouvement vertical du loquet et au mouvement oscillant du levier de changement de marche.

Dans son mouvement, sa partie inférieure, si elle n'est pas soulevée, peut entraîner une pièce placée sur son chemin.

Cette pièce est un levier vertical, qui est relié au petit tiroir M_1 par l'intermédiaire des leviers et tige X_1 et Y_1 (fig. 157). l'actionne et fait fonctionner ainsi le frein et, par suite, la soupape qui sert d'obturateur à la vapeur.

Cette action du levier sur le petit tiroir se produit si le verrou et sa tige sont en bas de leur course, mais ne se produit pas quand le mécanicien soulève la contre-poignée du levier de commande du servo-moteur.

L'arbre F conduit, par l'intermédiaire des roues d'engrenage *a* et *b*, le plateau *a* sur lequel sont fixées deux cames symétriques *e* et *e'*.

Dans le plan de ces cames, un loquet *f* est avancé par le jeu des pièces *h, i, j*, lorsque le machiniste abandonne la contre-poignée du levier du servo-moteur.

La position des cames *e, e'* sur le plateau *d* est réglée pour que un tour et demi avant la fin de chaque cordée le loquet *f* soit déplacé. La pièce *g* et le levier *k* qui en dépendent déplacent, par le jeu de la tige *l* et des transmissions spéciales non représentées, le tiroir du servo-moteur, dans le sens convenable pour que l'admission de vapeur aux cylindres soit renversée, si le mécanicien n'est pas à son poste.

On voit donc que si le régulateur laisse reprendre de la vitesse aux machines quand les cages sont près des recettes, et si à ce moment le mécanicien ne renverse pas lui-même le mouvement, l'appareil, en renversant la distribution, en faisant fonctionner le frein et en supprimant l'arrivée de vapeur aux machines, ralentira sûrement la marche.

L'origine de la période pendant laquelle le renversement s'effectue peut être réglée par un simple déplacement des cames sur le plateau *d*.

Un demi-tour avant la fin de la cordée, lorsque les profils de la came D et du levier E s'abandonnent, le jeu du contrepoids Z ramène le plateau *d* dans sa position moyenne, et l'appareil cesse d'agir sur le servo-moteur.

Toutefois, le mécanicien pourrait monter les cages jusqu'aux molettes, avec la vitesse que permet le frein; il pourrait également les y monter s'il donnait à sa machine un mouvement inverse à celui qu'elle doit avoir au commencement d'une cordée.

Appareil n° 2. — Pour éviter dans ce cas une mise aux molettes, on a placé en haut

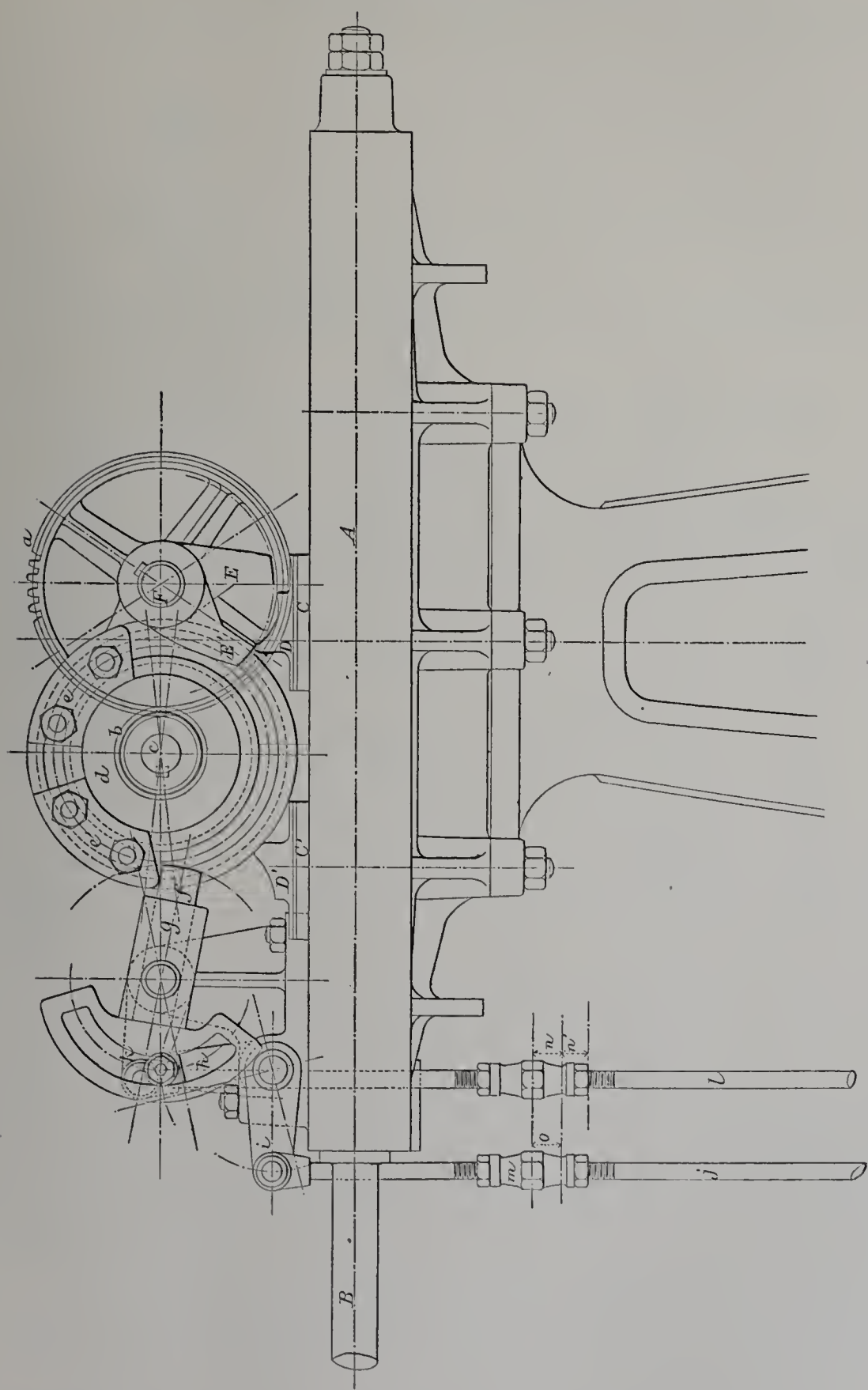


Fig. 156. — Évite-molettes des houillères de Saint-Étienne. Mécanisme du renversement automatique de la marche des machines. (Voir la légende de la page 227.)

du puits, à 5 mètres environ du niveau de réception des bennes, un taquet qui peut être soulevé par les cages.

Si celles-ci arrivent jusqu'à lui, elles le soulèvent et font échapper un déclic qui rend libre un contrepoids. Celui-ci agit sur le grand tiroir du frein; l'air comprimé qui est

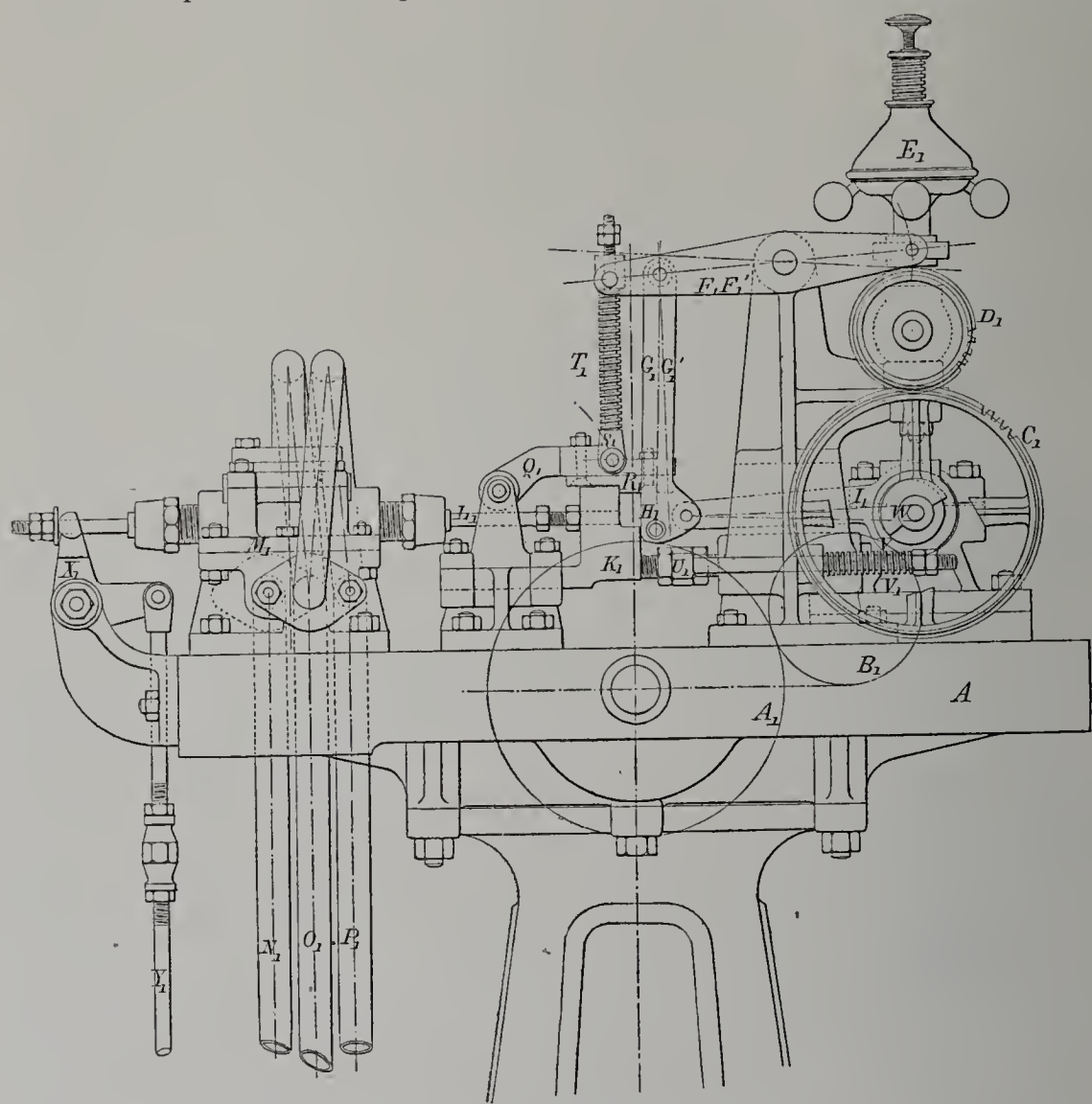


Fig. 157. — Évite-molettes des houillères de Saint-Étienne.
Mécanisme de commande du tiroir à air comprimé.

LÉGENDE DES FIGURES 154 et 157. — *Commande du tiroir à air comprimé.*

A_1 Roue d'engrenage clavetée sur la vis B.
B_1 Roue intermédiaire.
C_1 Roue clavetée sur l'arbre W.
D_1 Pignon conduit par C_1.
E Régulateur Schæffer et Budenberg, à 4 pendules, n° 1.
F_1F_1 Balanciers conduits par le collier du régulateur E_1.
G_1G_1 Bielles pendantes articulées sur F_1F_1.
H_1 Butée portée par G_1G_1.
I_1 Excentrique fixé sur W et conduisant la butée H_1.
K_1 Pièce recevant son mouvement de H_1, lorsque le régulateur est levé.
L_1 Tige réglable du tiroir à air comprimé.
M_1 Tiroir et boîte à tiroir à air comprimé.
N_1 Conduite allant à la boîte à tiroir du cylindre du frein.
O_1 Arrivée de l'air comprimé dans la boîte M_1.
P_1 Échappement auxiliaire de l'air comprimé.
Q_1 Levier spécial.
R_1 Butée réglable en acier, fixée à Q_1.
S_1 Bielle articulée à l'extrémité des balanciers F_1F_1.
T_1 Ressort maintenant la butée R_1 dans sa position d'arrêt.
U_1 Tige coudée fixée sur le guide K_1.
V_1 Ressort de rappel du tiroir à air comprimé.
X_1 Levier coudé conduisant L_1.
Y_1 Tige reliée au loquet vertical du levier de changement de marche.

en dessous du piston s'échappe pendant que le dessus du piston est mis en communication avec le réservoir d'air. La puissance du frein, ainsi doublée, est suffisante

pour arrêter presque instantanément les cages, ralenties par le fonctionnement préalable du frein à contrepoids et par le renversement de la distribution de vapeur aux machines.

L'arrêt se produit sans choc si le renversement de marche des machines s'est fait; le choc serait plus intense si le mécanicien ne renversait pas cette marche et empêchait l'appareil de le faire; mais, dans ce cas, il ne se produirait pas d'accident, parce que la vitesse des cages ne serait pas très grande au moment de leur arrivée aux poulies.

Dans tous les cas, des rochets placés en haut du chevalement ne leur permettraient pas de retomber en cas de rupture du câble (cas extrêmement peu probable).

Appareil de sécurité pour machine d'extraction des mines de Lens.

Cet appareil est dû à M. E. Reumaux; il a été complété et adapté aux machines d'extraction de Lens par M. Naissant, inspecteur des machines et du matériel de la Société.

Description. — On distingue dans cet appareil (fig. 158) trois parties principales :

1° L'obturateur (*a*);
2° Le cylindre de manœuvre automatique du tiroir du frein à vapeur (*b*);
3° L'appareil pour la manœuvre automatique du frein par intensité réglée (*c*).

Obturateur. — L'obturateur est constitué par un cylindre installé sur la conduite d'arrivée de vapeur, immédiatement en avant du modérateur; dans ce cylindre peut se mouvoir un double piston qui ferme la conduite de vapeur en un point de la course de la cage réglable à volonté.

Ce fait est produit en mettant en communication avec l'échappement la face du petit côté du piston double; la différence de pression ainsi produite provoque le déplacement du piston obturateur et par suite la fermeture de la conduite de vapeur.

La communication avec l'échappement qui détermine la fermeture est obtenue par l'intermédiaire d'un doigt fixé sur le disque de la sonnerie; on établit ce doigt de façon qu'il agisse sur la petite soupape (*d*) au moment précis de l'ascension où le mécanicien doit normalement fermer son modérateur pour se rendre maître de la vitesse de sa machine.

Un deuxième doigt est disposé de façon à assurer un deuxième fonctionnement de l'obturateur au cas où la cage dépasserait trop le point d'arrivée.

La réouverture de la conduite de vapeur se produit en mettant en communication avec l'échappement la face opposée du double piston et cet effet est obtenu, à l'aide de la petite soupape (*g*), par le mouvement que le mécanicien doit donner au levier du modérateur en vue de fermer celui-ci.

Cylindre de manœuvre automatique du tiroir du cylindre de frein. — 1° En marche normale, le tiroir du cylindre de frein est disposé de façon à mettre à l'échappement le cylindre du frein. Le mécanicien peut à volonté le mettre à l'admission et serrer le frein, mais, en outre, il fonctionne automatiquement dans la circonstance suivante :

Lorsque la cage dépasse d'environ 1 mètre (ce qui est beaucoup) le point d'arrivée, un doigt placé également sur le plateau de sonnerie agit sur une petite soupape (*e*) qui met en communication avec l'échappement la partie inférieure du cylindre (*b*) alors que la partie supérieure est en communication avec la conduite de vapeur; le piston de ce cylindre descend donc et, à l'aide d'un doigt, entraîne le tiroir du cylindre du frein à vapeur et le met à l'admission, provoquant ainsi instantanément le serrage du frein.

2° Le petit cylindre ci-dessus provoque également le serrage instantané du frein dans le cas de rupture de la conduite générale de vapeur ou d'explosion d'un générateur, car dans ce cas le bas du petit cylindre est mis par l'effet même de la rupture en communication avec l'atmosphère et le piston se déplace encore sous l'action de la vapeur contenue dans un réservoir spécial qui se trouve alors isolé automatiquement de la canalisation et fournit de la vapeur sous pression pour le fonctionnement du frein.

Appareil pour le serrage automatique du frein par intensité réglée. — Lors de la circulation du personnel dans le puits, alors que la manœuvre se fait lentement, un serrage brusque du frein est inutile, il suffit d'un serrage modéré, qui est obtenu à l'aide de l'appareil (*c*), le levier de manœuvre du frein étant préalablement placé dans une situation telle que par le tiroir du cylindre du frein il n'y ait ni admission ni échappement.

La partie inférieure est mise en communication directe avec le cylindre de frein, mais, par le petit trou dont est percé le piston, l'équilibre s'établit sur les deux faces et un ressort disposé à la partie supérieure appuie la soupape sur son siège et par suite empêche tout serrage du frein.

Pour provoquer une friction modérée des sabots de frein lorsque la cage descendante arrive à quelques mètres du fond, un doigt également disposé sur le plateau de la sonnerie agit sur la soupape (*f*) et met en communication avec l'échappement la partie supérieure de l'appareil. Dès lors le ressort antagoniste est vaincu par la pression, la soupape se soulève et une certaine quantité de vapeur, pénétrant dans le cylindre de frein, agit sur le piston et le serre modérément.

On a pu le voir, le fonctionnement de ces appareils est produit sans que le machiniste ait rien à changer à sa façon habituelle de procéder, sauf en ce qui concerne le fonctionnement du frein par intensité réglée, pour lequel le levier de manœuvre doit être légèrement déplacé.

On ne demande donc au mécanicien rien de plus que ce qu'il doit faire régulièrement, c'est-à-dire de fermer son modérateur, puis de le rouvrir; seulement s'il néglige de le fermer, l'obturateur empêche tout accident.

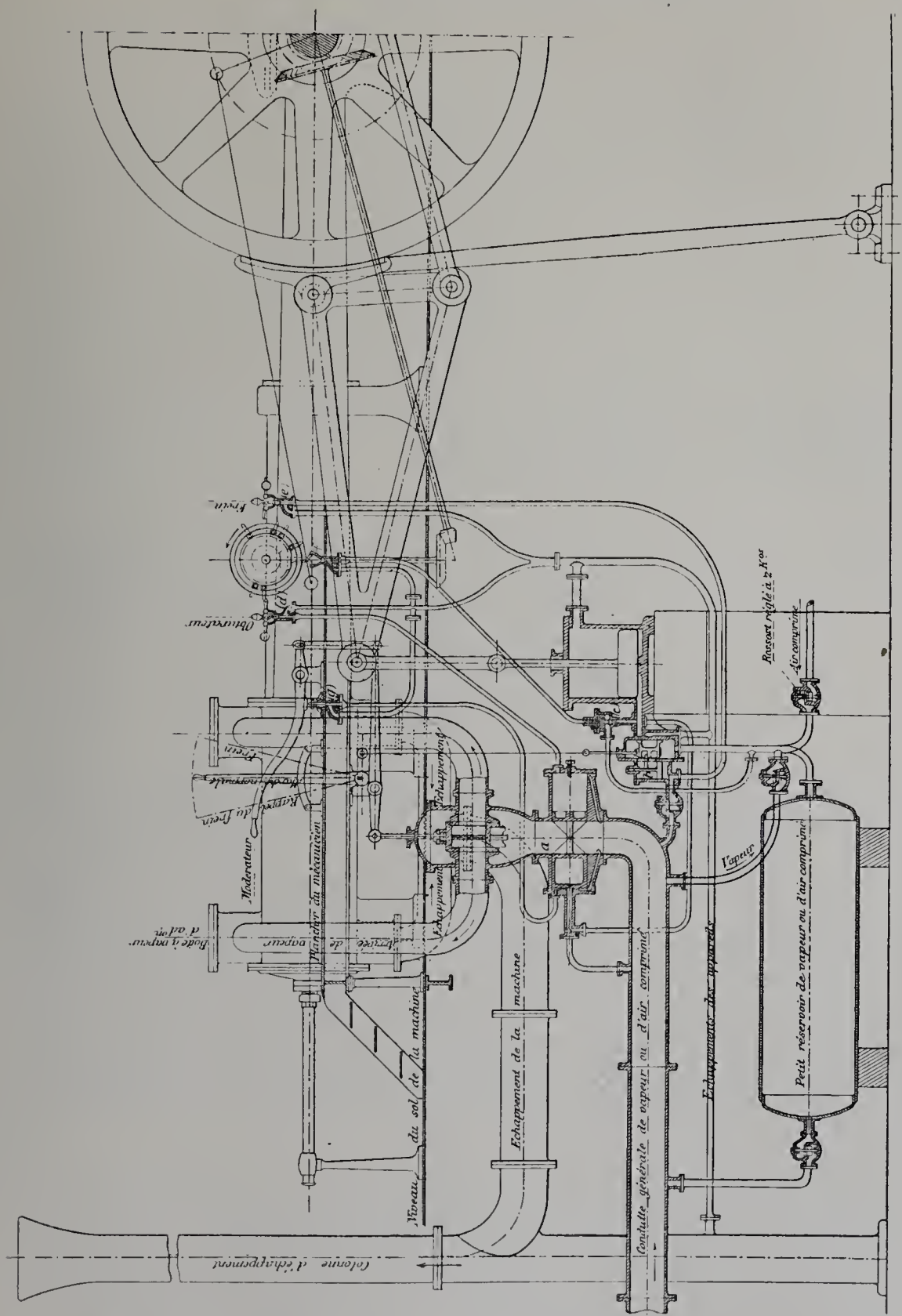


Fig. 158. — Schéma d'ensemble des dispositifs E. Reumaux adaptés aux machines d'extraction.

Dispositif additionnel pour l'arrêt de la machine, même en cas de moments négatifs. — L'appareil est complété par un dispositif qui assure l'arrêt de la machine même en cas de moments négatifs.

A cet effet, le grand piston de l'obturateur porte en prolongement une tige cylin-

drique qui se meut dans un cylindre de même diamètre et qui est terminée par un clapet conique en bronze.

L'extrémité du cylindre est munie d'une tubulure qui reçoit un tuyau communiquant avec la conduite générale de vapeur avant l'obturateur et, en outre, le fond du cylindre est mis en communication avec le dessous du piston du frein à vapeur au moyen d'un second tuyau de faible section. Lorsque l'obturateur est dans la position ouverte, le clapet ferme la communication avec le frein. Mais, si l'obturateur est fermé, le clapet rappelé avec les pistons laisse libre le passage de la vapeur qui va ainsi directement de la conduite générale jusqu'au cylindre de frein. Ordinairement le machiniste rappelle de suite l'obturateur, et alors la quantité de vapeur introduite dans le frein est trop petite pour que le serrage se produise. Mais, si le machiniste néglige de rappeler l'obturateur, la vapeur s'introduit progressivement dans le frein, qui agit avec une intensité graduellement croissante et finit par serrer à fond en arrêtant complètement la machine.

Pour que ce résultat puisse être obtenu, il faut que le tiroir du frein isole le cylindre de la boîte à vapeur; à cet effet on place en marche normale le levier de commande dans la position qui a été indiquée ci-dessus comme correspondant à la descente du personnel.

Évite-molettes électro-dynamique Massaux.

M. Massaux, dessinateur-mécanicien de la compagnie des Charbonnages belges à Frameries, a établi un évite-molettes électrique dont le principe général est le suivant :

Un curseur (fig. 159), mû par une vis sans fin commandée par la machine d'extraction, vient à un moment donné, dépendant des positions particulières de la cage et de la vitesse de la machine, en contact avec des commutateurs qui sont en relation avec le régulateur de la machine. Ce contact envoie un courant électrique dans des électro-aimants qui commandent, par des embrayages convenables, le jeu du modérateur et du levier de changement de marche. Le frein est bloqué ensuite par le régulateur lui-même, après ralentissement de la machine.

Cet appareil se compose :

1° D'un régulateur A actionné par la machine;

2° D'une vis portant un écrou voyageur G actionné par la machine;

3° De deux tringlettes B et B′ actionnées par le régulateur A et glissant le long de la vis C;

4° De commutateurs D mobiles le long des tringlettes B et B′;

5° De quatre électro-aimants E, E′, E″, E‴ alimentés par une dynamo;

6° De deux embrayages H et H′ actionnant le mouvement du modérateur et du changement de marche.

Il fonctionne de la façon suivante :

Le régulateur actionnant en sens inverse les deux tringlettes B et B′ le long de la vis C fait buter plus tôt ou plus tard, suivant la vitesse de la machine, les commutateurs D contre l'écrou G. Cette rencontre des commutateurs D avec l'écrou G établit un courant électrique qui fait fonctionner les électro-aimants E, E′, E″; ceux-ci à leur tour actionnent les embrayages H et H′ et ces derniers font manœuvrer les organes de commande du modérateur et du changement de marche.

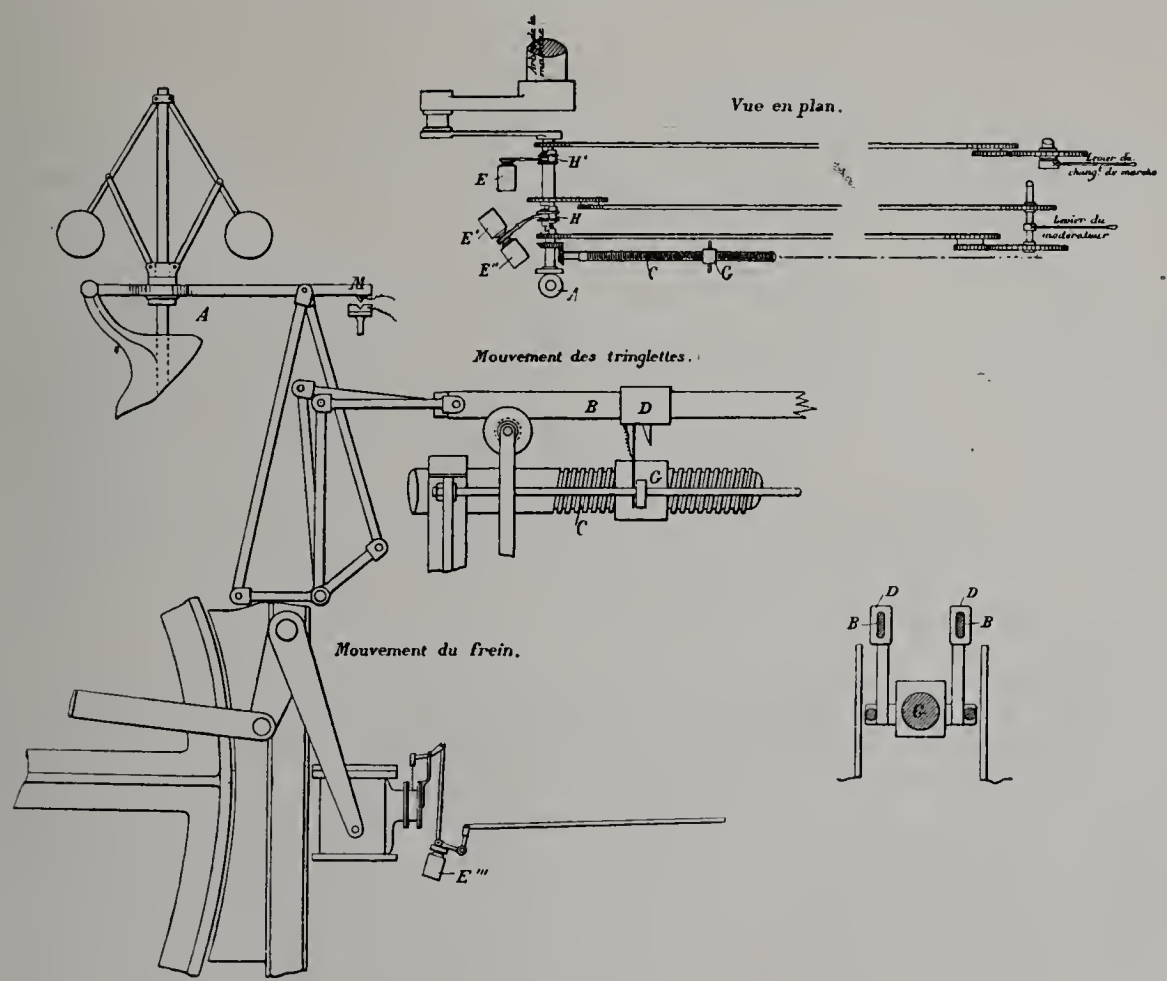


Fig. 159. — Évite-molettes électrique, système Massaux (Charbonnages belges de Frameries). Plan et détails des organes.

Tous les commutateurs qui correspondent à la marche avant sont situés sur une même tringlette, celle de gauche; ceux de la marche arrière sont portés par la tringlette de droite.

Le nombre des commutateurs varie suivant les moments de la machine (fig. 160); pour une machine à moments positifs il y aura pour les deux marches :

1° Deux commutateurs pour le modérateur ;
2° Deux commutateurs pour le changement de marche;
3° Deux commutateurs pour le frein.

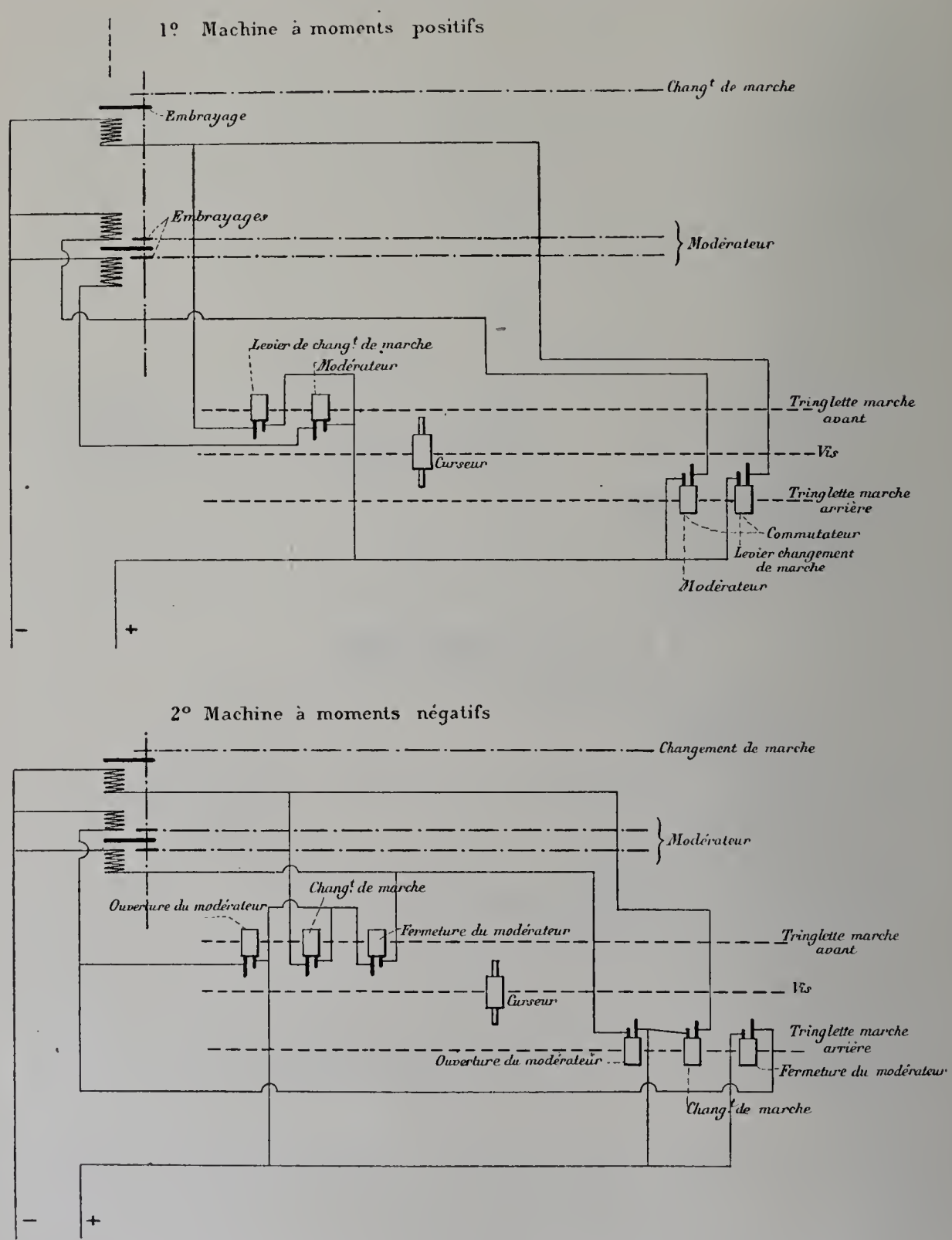


Fig. 160. — Évite-molettes électrique, système Massaux (Charbonnages belges de Frameries). Schéma des connexions.

La position de ces commutateurs sur la tringlette doit être réglée suivant l'importance des cordées et la distance de la recette supérieure à partir de laquelle on veut faire jouer l'appareil de sécurité.

Pour une machine à moments négatifs, on aura :

1° Quatre commutateurs pour le modérateur;
2° Deux commutateurs pour le changement de marche;
3° Deux commutateurs pour le frein.

La manœuvre produite est la suivante :

a) Dans les machines à moments positifs : 1° le modérateur se ferme; 2° le levier de changement de marche se place environ au centre de la coulisse et la machine étant sur le point d'arrêter, le frein se fait.

b) Dans les machines à moments négatifs : 1° le modérateur se ferme; 2° le levier de changement de marche se place à fond dans la marche contraire; et 3° le modérateur se rouvre insensiblement jusqu'au moment où la machine est arrêtée, alors le frein se fait.

Pour éviter une action brutale dangereuse, le frein ne se fait que quand la machine est suffisamment arrêtée, il est actionné de la façon suivante : au point M de la tringle du régulateur est disposé un commutateur qui, la machine étant sur le point d'arrêter, établit un courant électrique. Ce courant actionne l'électro-aimant E''' et fait fonctionner le frein.

Le mécanicien peut d'ailleurs supprimer quand il veut le fonctionnement partiel ou total de l'appareil; mais il n'est jamais obligé de le faire, au contraire il est préférable à tous points de vue que le mécanicien agisse de concert avec l'évite-molettes.

Appareils de sécurité de la machine d'extraction de la fosse d'Arenberg (système Neu) des mines d'Anzin.

L'appareil de sécurité de la machine de la fosse d'Arenberg est un régulateur-limiteur de vitesse à fonctionnement électrique.

Comme tous les appareils de ce genre, il limite les vitesses de la cage à des valeurs bien déterminées, au fur et à mesure que celle-ci franchit certaines zones à proximité de la recette du jour. Ces limites sont les suivantes à Anzin :

DISTANCE DU JOUR.	VITESSE MAXIMA PERMISE.
80 mètres	12m00
60 —	10 00
40 —	7 00
20 —	4 00
7 m. 50	2 00
Aux taquets	1 50
A 10 mètres au-dessus de la recette	0 00

Dès que la vitesse dépasse la limite permise, le mécanisme entre en jeu en actionnant la valve d'arrivée de vapeur et le frein.

Le fonctionnement du frein, lent et progressif quand la cage est en vitesse, est de plus en plus rapide au fur et à mesure qu'elle se rapproche des molettes.

L'appareil est disposé de la façon suivante (fig. 161) :

Deux cadrans A et B indiquent à chaque instant, l'un les vitesses de la machine,

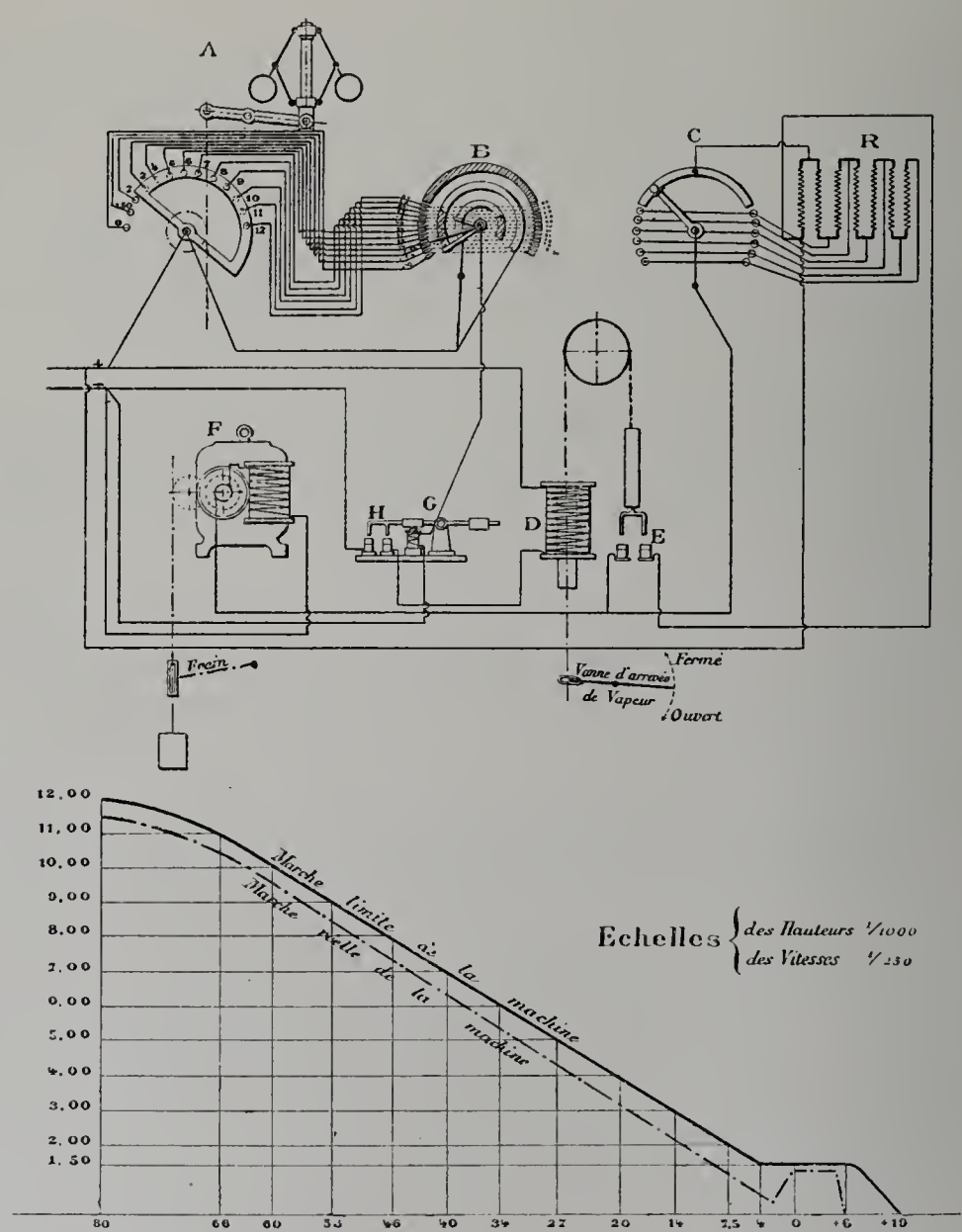


Fig. 161. — Appareil de sécurité de la machine d'extraction des Mines d'Anzin (fosse d'Arenberg). Schéma des connexions des différents appareils.

A Indicateur des vitesses.
B Indicateur des positions de la cage.
G Relais.
H Interrupteur coupant le courant du solénoïde D.
D Solénoïde commandant la valve d'arrivée de vapeur.
E Interrupteur dont la rupture introduit des résistances R dans le circuit du moteur F.
C Cadran réglant les résistances d'après la position des cages. (Les aiguilles des cadrans B et C sont sur le même arbre.)
F Moteur en série tenant relevé le contrepoids de commande du tiroir de frein.

l'autre les positions successives de la cage. Ces cadrans portent une série de plots correspondants aux différentes vitesses ou positions de la cage. Chaque plot du cadran B

en position est relié par un conducteur au plot des vitesses maxima correspondantes. Des curseurs se meuvent sur chacun de ces cadrans, suivant les positions ou vitesses de la cage. Si pour une position donnée de la cage la vitesse est inférieure à la vitesse permise, le courant qui est admis sur chaque curseur ne peut passer de l'un à l'autre, les plots correspondants n'étant pas en communication ; si au contraire la vitesse dépasse la limite permise, le curseur des vitesses passe sur le plot correspondant à cette limite et le courant passe d'un plot à l'autre par le conducteur qui les relie. Ce courant est admis dans un relais G et agit sur un électro-aimant qui fait fonctionner l'interrupteur H en le fermant. Le courant passe alors par H et arrive dans un solénoïde D qui entre en fonctionnement en fermant l'arrivée de vapeur. Ce solénoïde porte à sa partie supérieure un interrupteur E qui, tant qu'il est fermé, laisse passer le courant directement dans un petit moteur électrique F qui maintient le frein desserré, en maintenant levé un contrepoids destiné à actionner le frein par sa chute; dès que le solénoïde fonctionne, cet interrupteur s'ouvre, le courant direct qui alimentait le moteur électrique est interrompu; le moteur ne reçoit plus le courant qu'à travers un rhéostat R dont les résistances, connexées avec les plots de l'indicateur de position de la cage, augmentent au fur et à mesure que la cage s'approche du jour. Le courant étant de plus en plus affaibli, le moteur laisse retomber de plus en plus le contrepoids, produisant ainsi le serrage de plus en plus rapide du frein.

D'ailleurs une coulisse pratiquée dans la tige qui commande le tiroir du frein permet au mécanicien de serrer le frein à la main.

On voit que ces appareils sont destinés à fonctionner par rupture du courant. Si des avaries, interruptions de courants, etc., se produisent accidentellement, on en est donc averti immédiatement par l'arrêt de la machine à vapeur. Le fonctionnement de cette dernière dépend donc du fonctionnement de l'appareil de sécurité lui-même.

L'appareil a été conçu et réalisé par M. Neu, ingénieur à Lille.

Le croquis ci-joint (fig. 161) donne le schéma de cet appareil, ainsi que les courbes des vitesses de la machine, suivant les positions des cages.

Cage à parachute de la fosse n° 1 des mines de Lens (fig. 162).

La cage, de forme allongée, comprend deux étages recevant chacun deux berlines placées bout à bout. Guidage en bois sur les petits côtés. Le parachute est formé de deux paires de griffes munies de dents, dont chacune agit latéralement sur les longrines du guidage. La forme des dents a été étudiée de façon à assurer la prise efficace des griffes. Un premier ressort, à lames, disposé dans la cage, se détend en cas de rupture du câble et amène les griffes au contact des longrines. Un deuxième ressort, à boudin, au-dessus de la cage reçoit alors l'action des bielles des griffes; il se comprime en procurant ainsi un arrêt progressif de la cage et en évitant un choc brusque. Un verrou, placé sur le chapeau de la cage, permet de caler le parachute pendant la remonte du charbon. Pour le transport du personnel, on décale le parachute ; la tringle qui com-

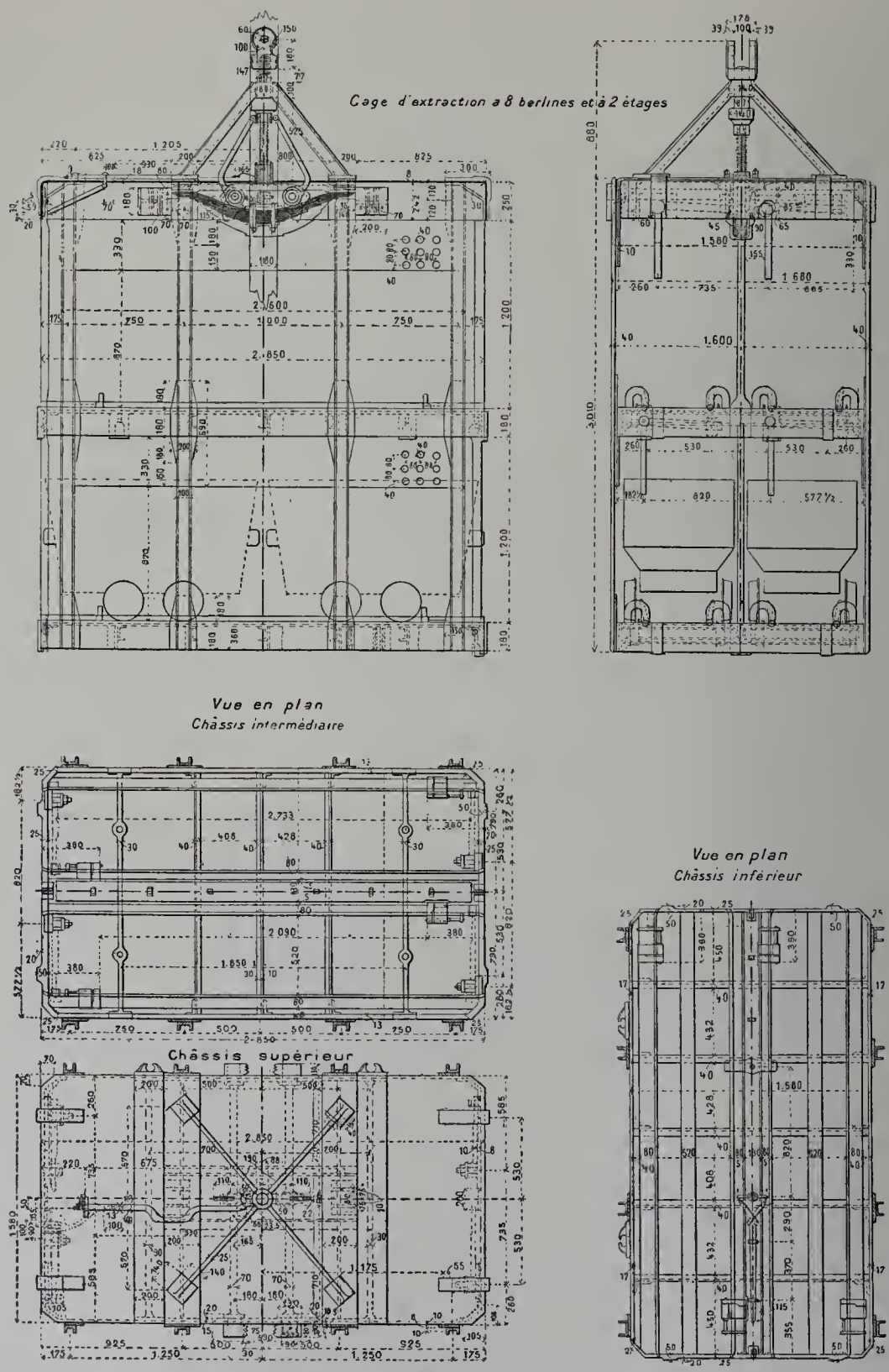


Fig. 162. — Cage d'extraction des Mines de Lens avec parachute Taza-Villain.

mande le verrou est enclenchée avec un petit disque formant voyant placé à la partie supérieure de la cage, de telle sorte que le voyant apparaît lorsque le parachute est décalé. Le personnel est ainsi assuré que le parachute est prêt à fonctionner.

Installation d'un puits d'extraction de 5 mètres de diamètre des mines de Lens avec ses dispositifs de sécurité.

Nous signalerons dans le modèle exposé par les mines de Lens les points suivants (fig. 163 à 168) :

a. Les cages d'extraction à deux étages, quatre berlines par étage, munies de parachutes.

b. Le guidage en rails établi sur des moises placées au milieu des puits.

c. Le longrinage spécial installé en vue d'assurer aux parachutes une action très efficace en cas de rupture du câble, tout en ménageant le guidage et la cage.

d. Les taquets à excentriques du jour, système E. Reumaux. Ces taquets, qui fonctionnent comme les taquets ordinaires, peuvent en même temps s'effacer par voie de glissement quand la cage repose sur eux; on évite ainsi d'avoir à soulever la cage pour la mettre dans le puits.

e. L'enclenchement des taquets du jour par la corde de la sonnette du fond. Ces taquets sont normalement immobilisés par un enclenchement relié à la corde de la sonnette. C'est le chargeur aux cages du fond qui, lorsque tout est prêt, les déclenche en même temps qu'il donne le signal au mécanicien ; on rend ainsi impossibles les départs prématurés des cages.

f. Les dispositifs de sûreté des barrières du fond et l'enclenchement de ces barrières avec le levier de sonnette.

Les appareils installés ont pour effet de réaliser les desiderata suivants :

Ne pouvoir sonner que si les barrières, tant du côté des pleins que du côté des vides, sont fermées;

Ne pouvoir maintenir ouvertes les barrières des pleins et des vides que si les conditions suivantes sont remplies :

1° le levier de sonnette occupe la position où les taquets du jour sont immobilisés;

2° la cage est à l'accrochage.

En cas d'emploi des taquets hydrauliques, ces enclenchements sont complétés par des dispositifs qui ne sont pas exposés, et dont le but est d'établir une solidarité entre le fonctionnement des barrières et celui des taquets.

g. Des taquets d'arrêt de berlines disposés sur les voies d'arrivée des pleins à quelques mètres de l'accrochage; ils empêchent les berlines chargées de venir heurter la cage ou les barrières et assurent toute sécurité aux chargeurs aux cages pendant leur travail.

h. Les barrières à guillotines du jour.

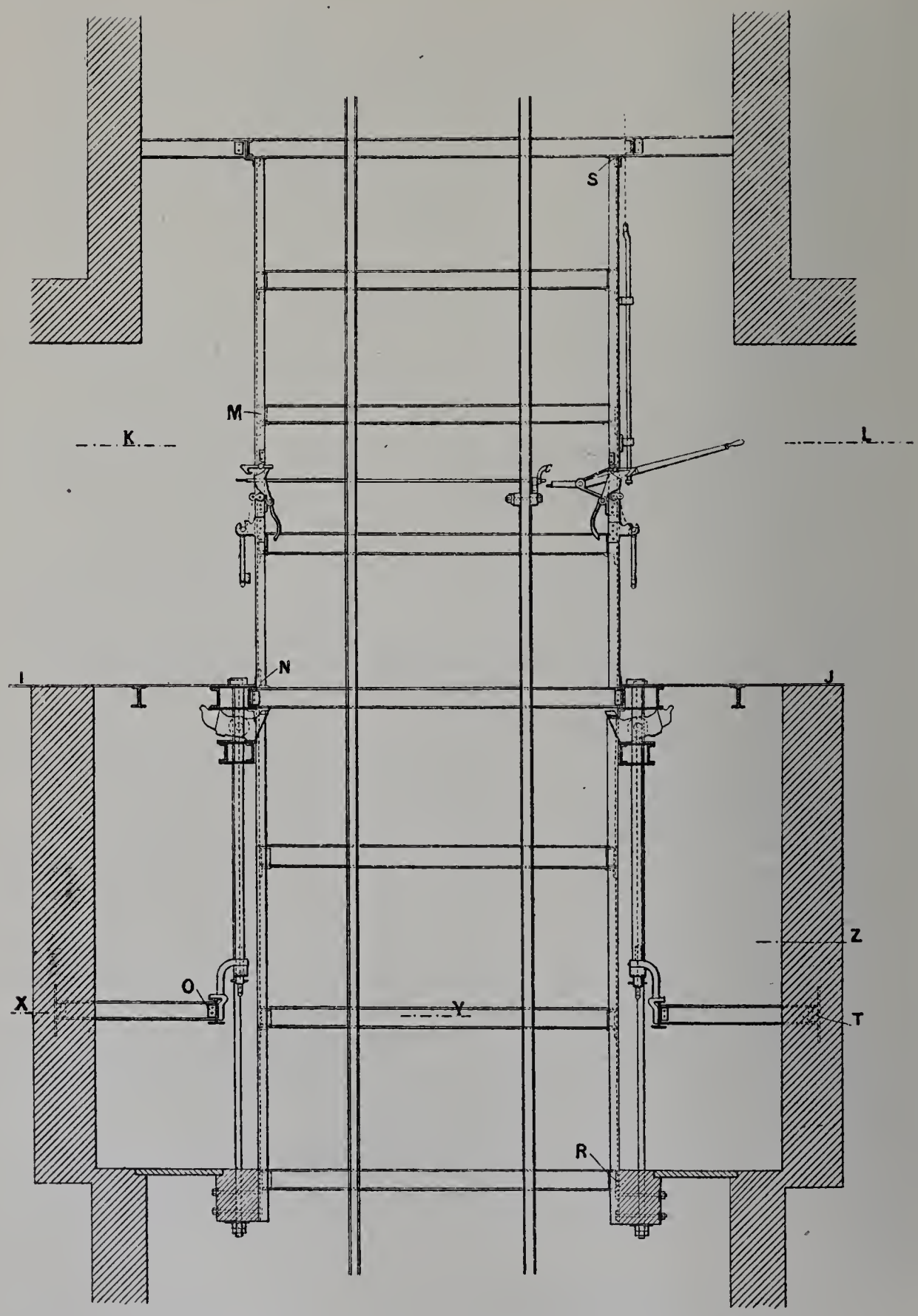


Fig. 163. — Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des Mines de Lens. Coupe verticale montrant la disposition de la sonnerie et l'enclenchement des barrières d'accrochage.

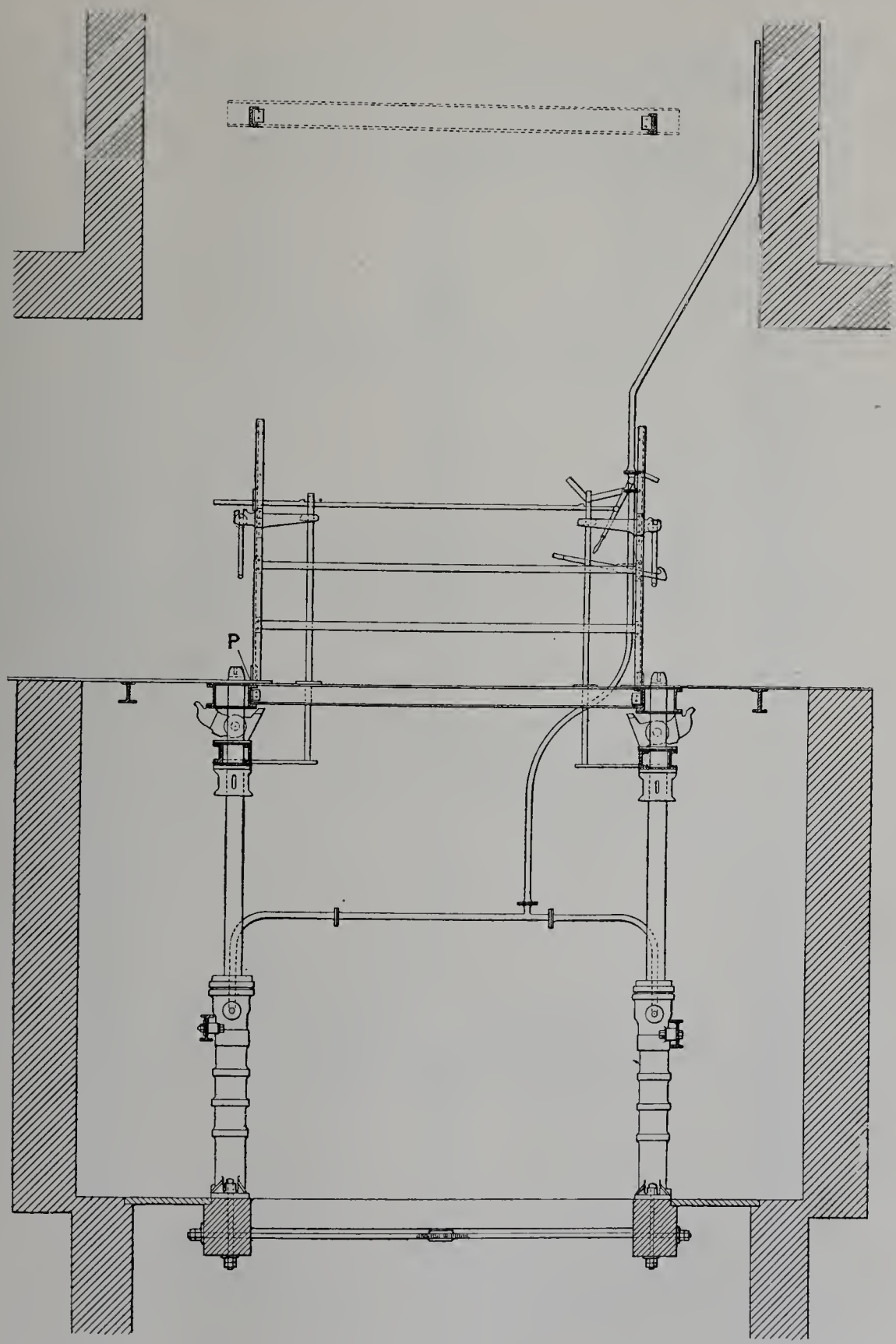


Fig. 164. — Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des Mines de Lens.
Coupe verticale longitudinale
montrant la fermeture latérale du puits et l'enclenchement des robinets de taquets.

IMPRIMERIE NATIONALE.

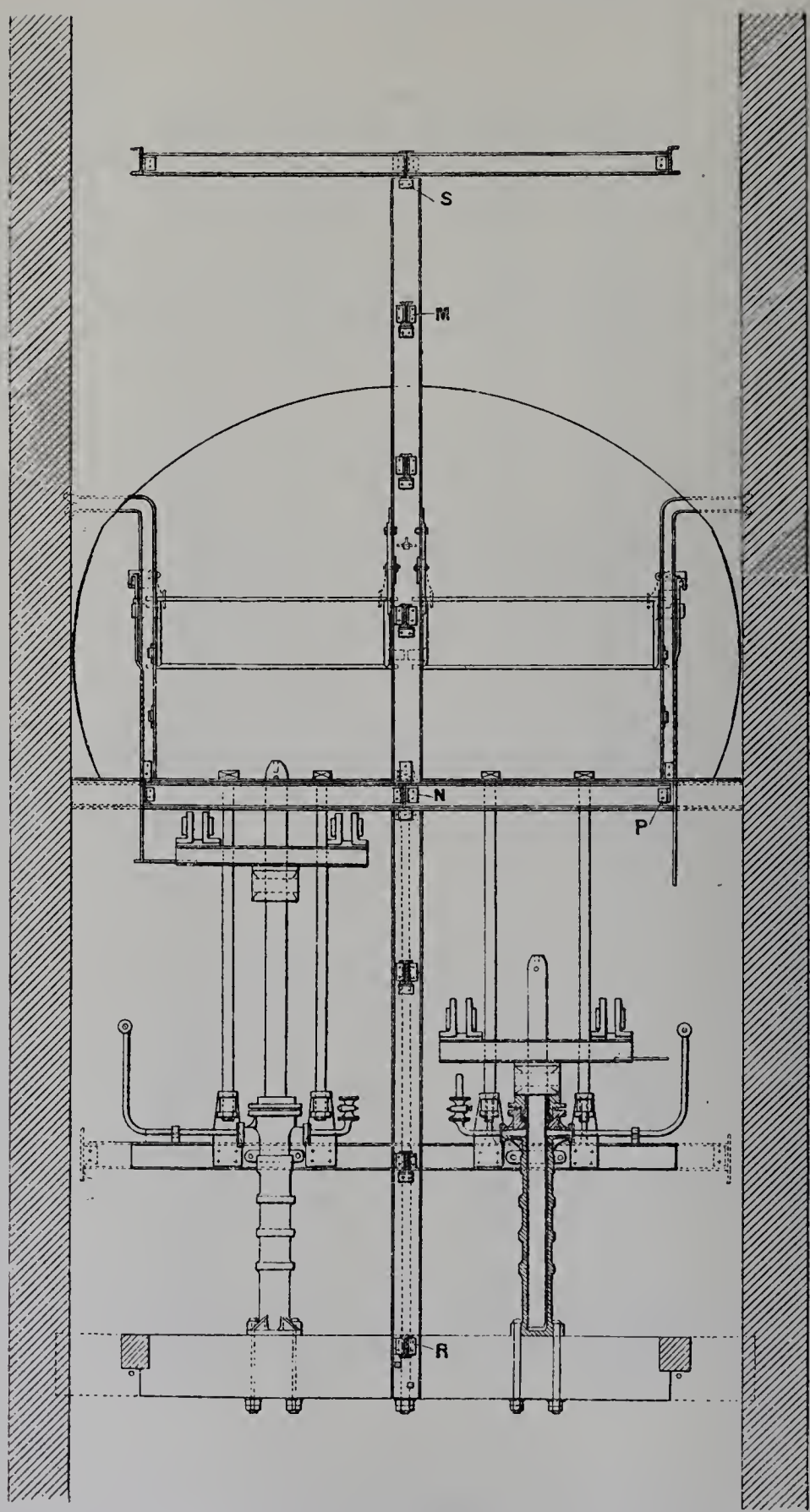


Fig 165. — Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des Mines de Lens. Coupe verticale montrant la disposition des barrières, côté du petit accrochage.

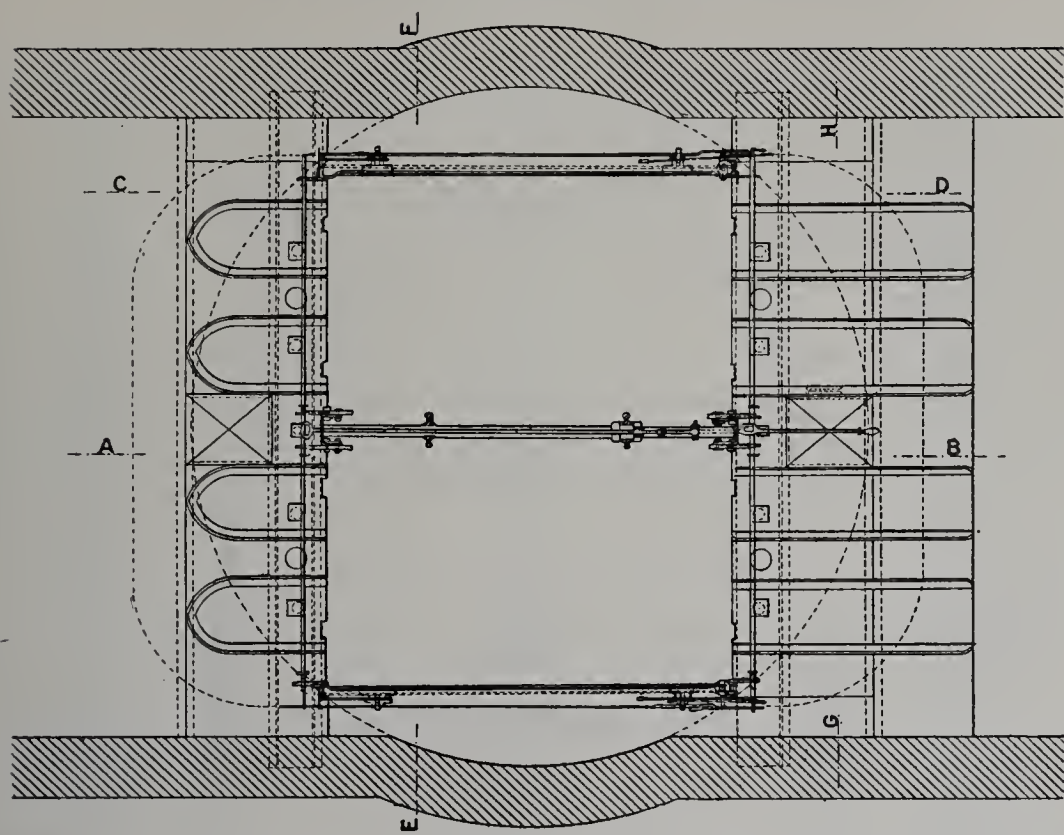


Fig. 166. — Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des Mines de Lens. Vue en plan de l'entrée du puits au-dessus des barrières d'accrochage.

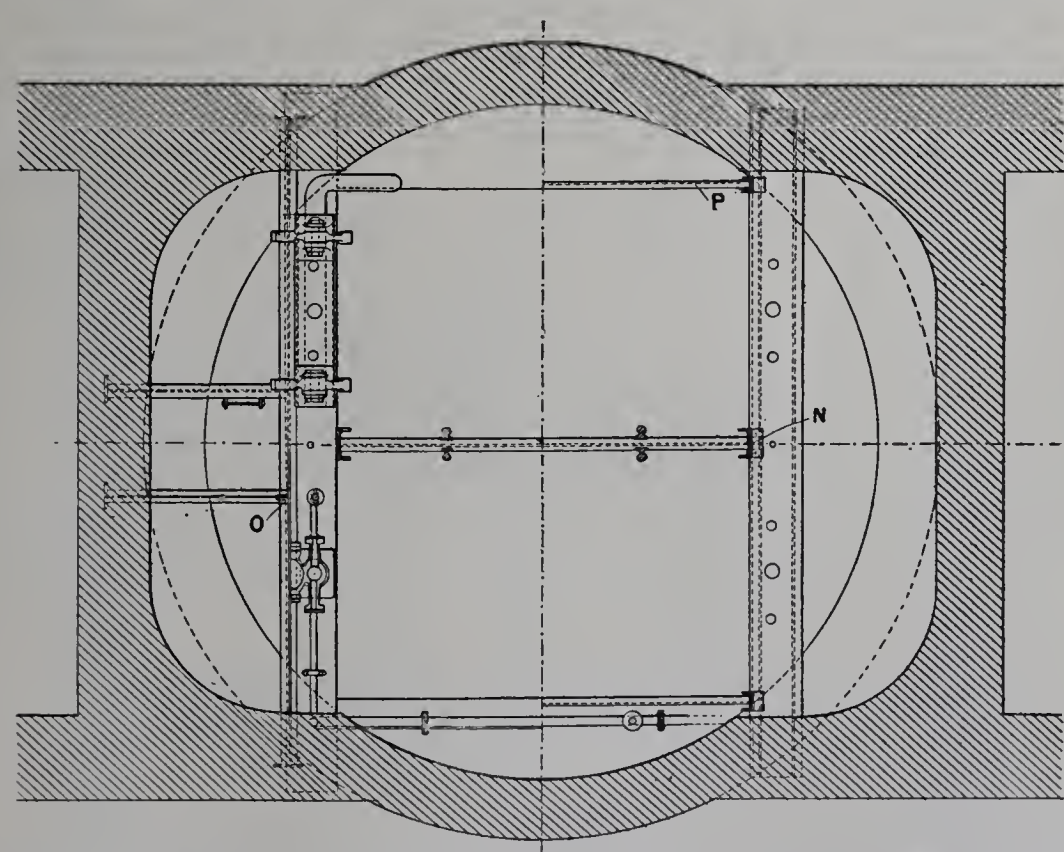


Fig. 167. — Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des Mines de Lens. Demi-coupe (à gauche) horizontale montrant la disposition des cylindres et des sommiers des taquets Demi-vue (à droite) du plan au niveau des sommiers d'accrochage.

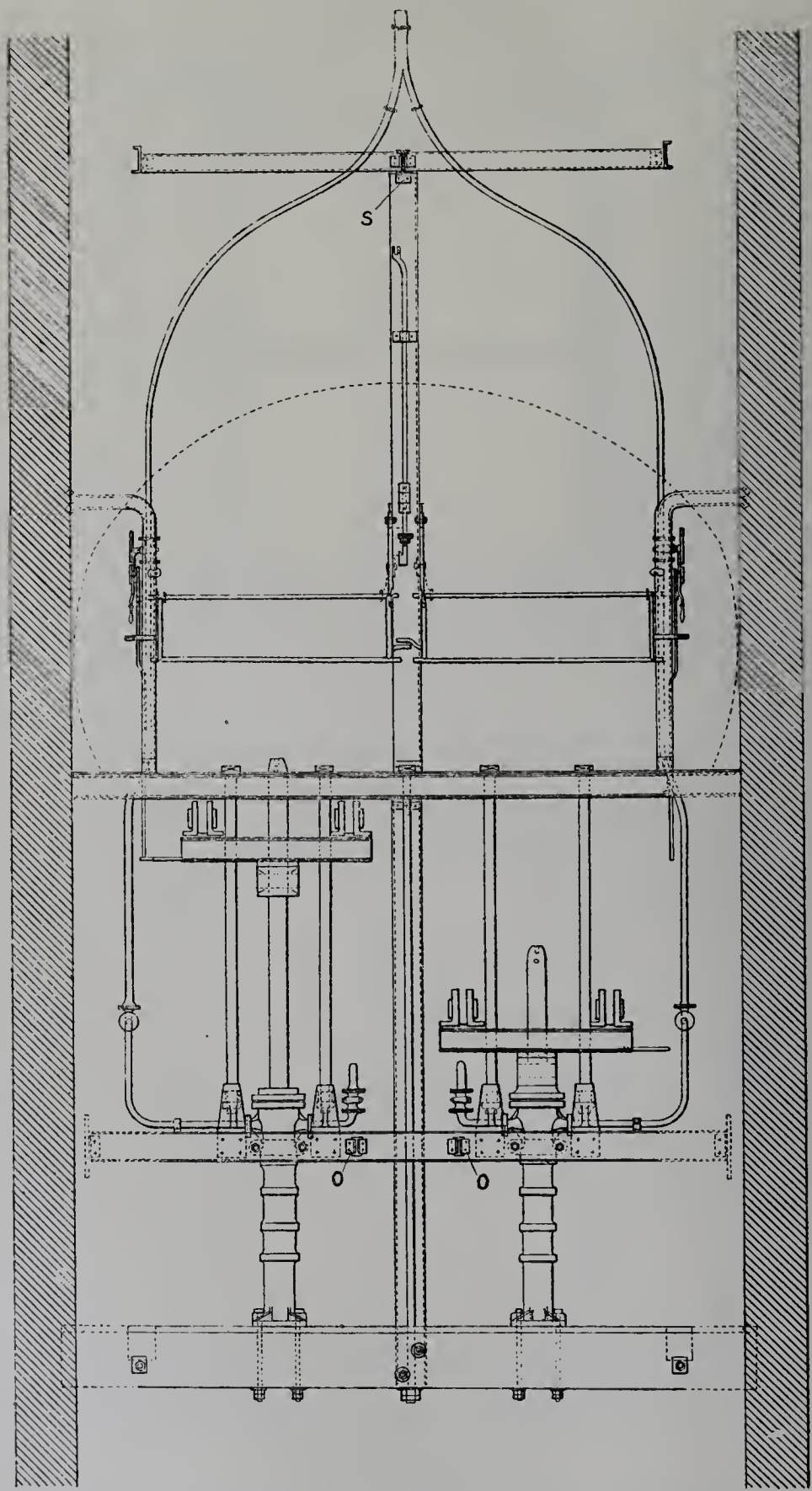


Fig. 168. — Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des Mines de Lens. Coupe verticale transversale montrant la disposition des barrières, côté du grand accrochage.

Parachute Malissard pour guidage métallique.

Le parachute Malissard est d'une grande simplicité. Le dessin annexé (fig. 169) représente ce parachute. Il est actionné par le ressort de suspension de la cage. Le ressort agit sur une tige verticale sur laquelle est claveté un collier C. Ce collier porte deux bielles articulées F aboutissant à leur autre extrémité aux manivelles M et M′ de deux griffes d'acier G et G′ en forme de came, portant des dents de prise sur la face à gorge qui doit agir sur les guides, et clavetées sur deux axes O et O′. Le champignon du rail-guide passe entre les deux griffes. Si le câble vient à rompre, le ressort, en se détendant, abaisse le collier C qui actionne les bielles, les griffes se ferment comme deux mâchoires emprisonnant le rail dans leur gorge à dents et provoquant l'arrêt de la chute.

Ce parachute a fait l'objet d'essais aux mines de Bruay en 1898 ; il était adapté à une cage à 8 berlines pesant 4,400 kilogrammes à vide et 10,400 kilogrammes en charge. Le rail-guide est un rail en acier de 20 kilogrammes au mètre courant.

Les expériences ont donné les résultats suivants :

1° *Ressort composé de 12 lames de 80 × 12 développant une force initiale de 3,500 kilogrammes :*

	COURSE PARCOURUE PAR LA CAGE APRÈS LA RUPTURE DU CÂBLE.	NOMBRE DE DENTS EN PRISE.
17 juin 1898.....	28 millimètres.....	9
17 juin 1898.....	73 millimètres.....	9
25 juin 1898.....	14 millimètres.....	10

2° *Ressort composé de 7 lames de 70 × 10 développant une force initiale de 2,200 kilogrammes :*

27 juin 1898.....	55 millimètres.....	10
28 juin 1898.....	19 millimètres.....	9
8 juillet 1898.....	18 millimètres.....	9
9 juillet 1898.....	17 millimètres.....	9

Malgré les prises de dents successives, les dents sont restées intactes. Elles ont pénétré de 1 millimètre dans le rail en acier sans qu'il y ait eu glissement.

Barrière de sûreté Warocqué des charbonnages de Mariémont et Bascoup.

La barrière de sûreté imaginée par M. Warocqué a pour but d'empêcher la chute de berline ou de l'ouvrier dans le puits, par suite de manœuvre intempestive, dans le cas où la cage se relève au-dessus du niveau de la recette, et avant qu'elle soit redescendue.

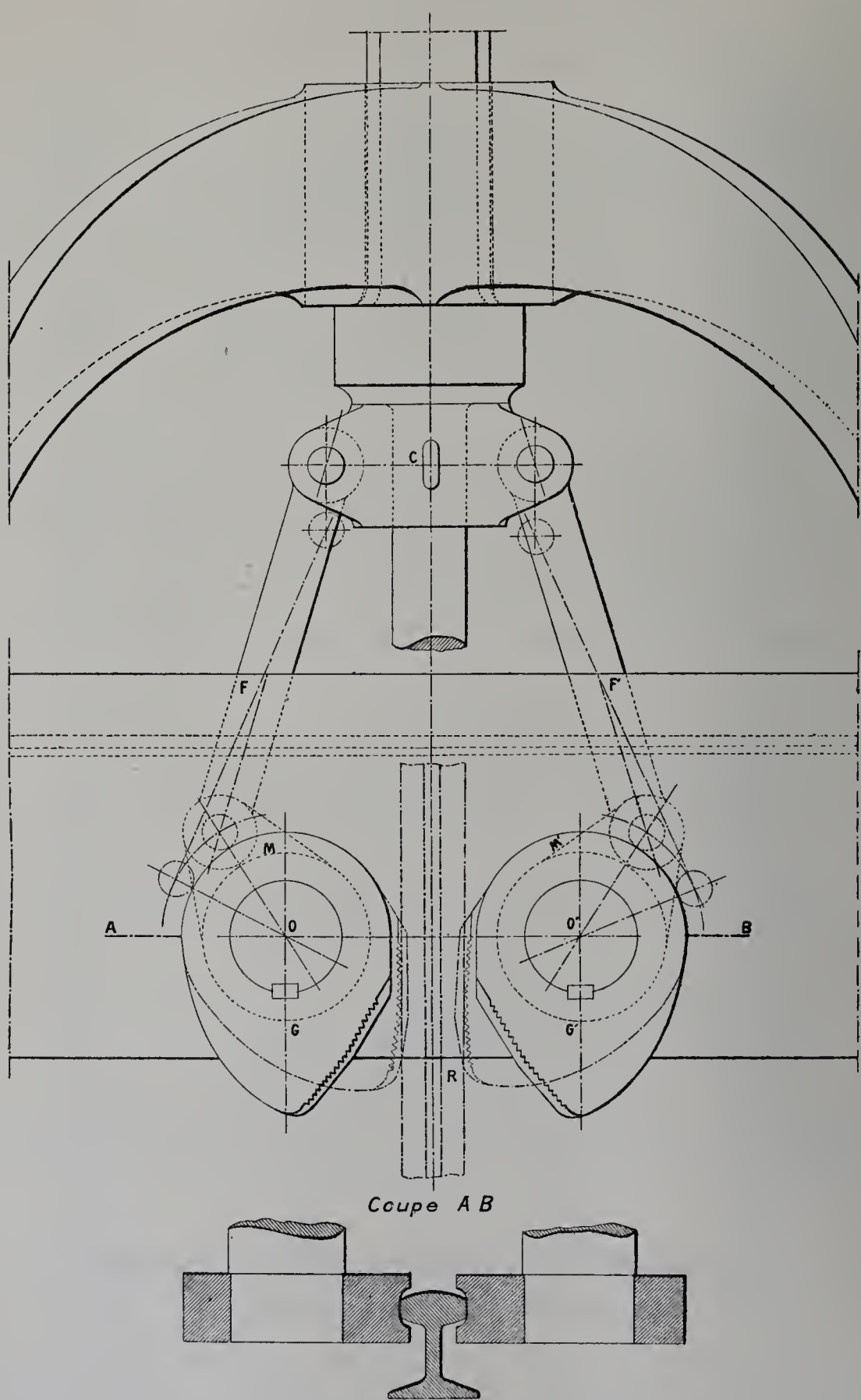


Fig. 169. — Parachute Malissard.

La figure 170 montre l'installation de ce système qui est très simple. Une barrière A barre l'orifice du puits pendant l'ascension de la cage. Celle-ci en arrivant à la recette soulève cette barrière et rend la manœuvre des berlines possible.

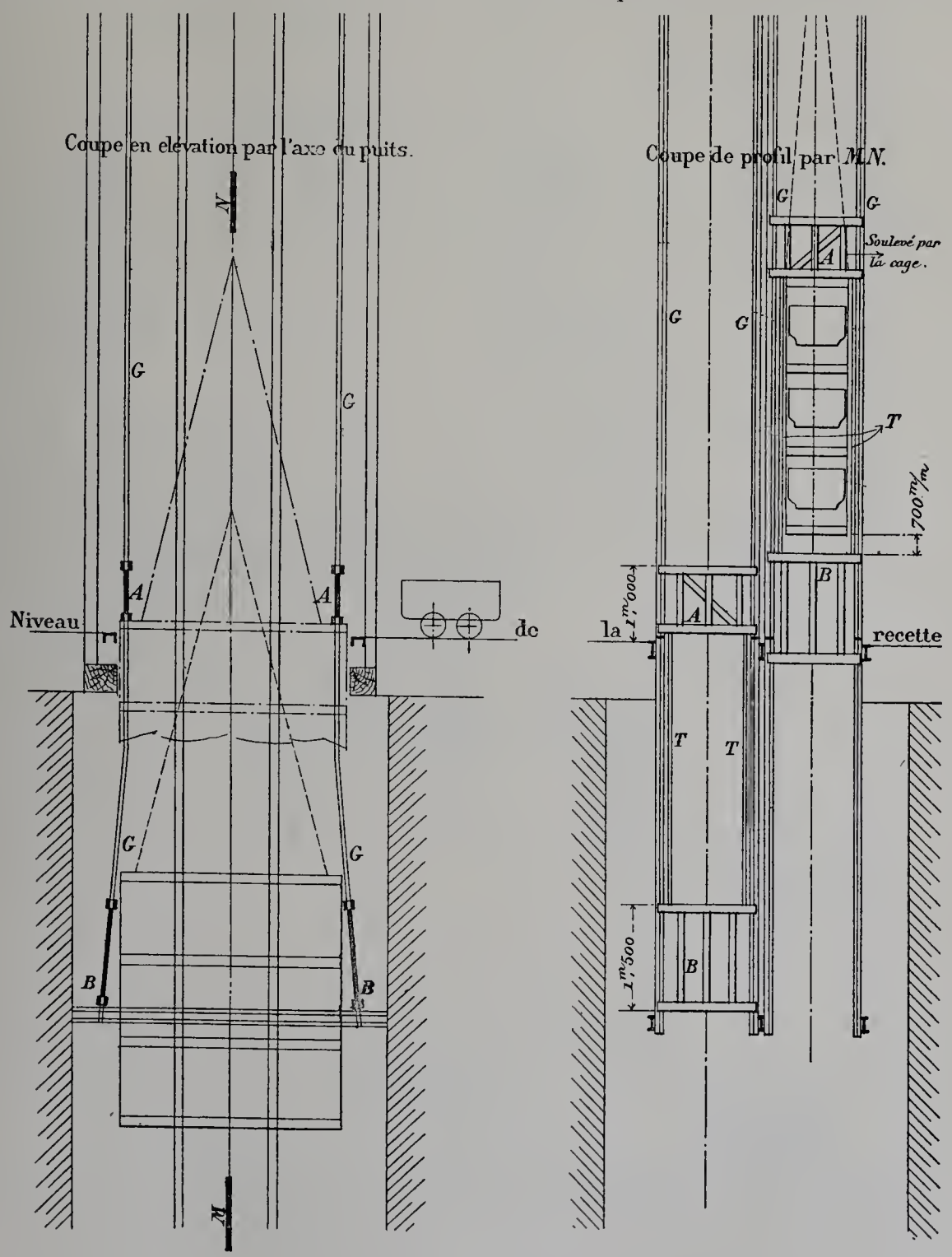


Fig. 170. — Barrière Warocqué.

Une seconde barrière B semblable à la première est suspendue à celle-ci par deux tringles T articulées, pour donner de la flexibilité à l'ensemble, et assez longues pour que la distance de A à B soit supérieure à la hauteur de la cage.

Lorsque la cage soulève A, la barrière B est entraînée en même temps et, lorsque la cage dépasse le niveau de la recette, elle vient barrer l'orifice du puits et empêcher la chute possible d'ouvriers ou de matériel.

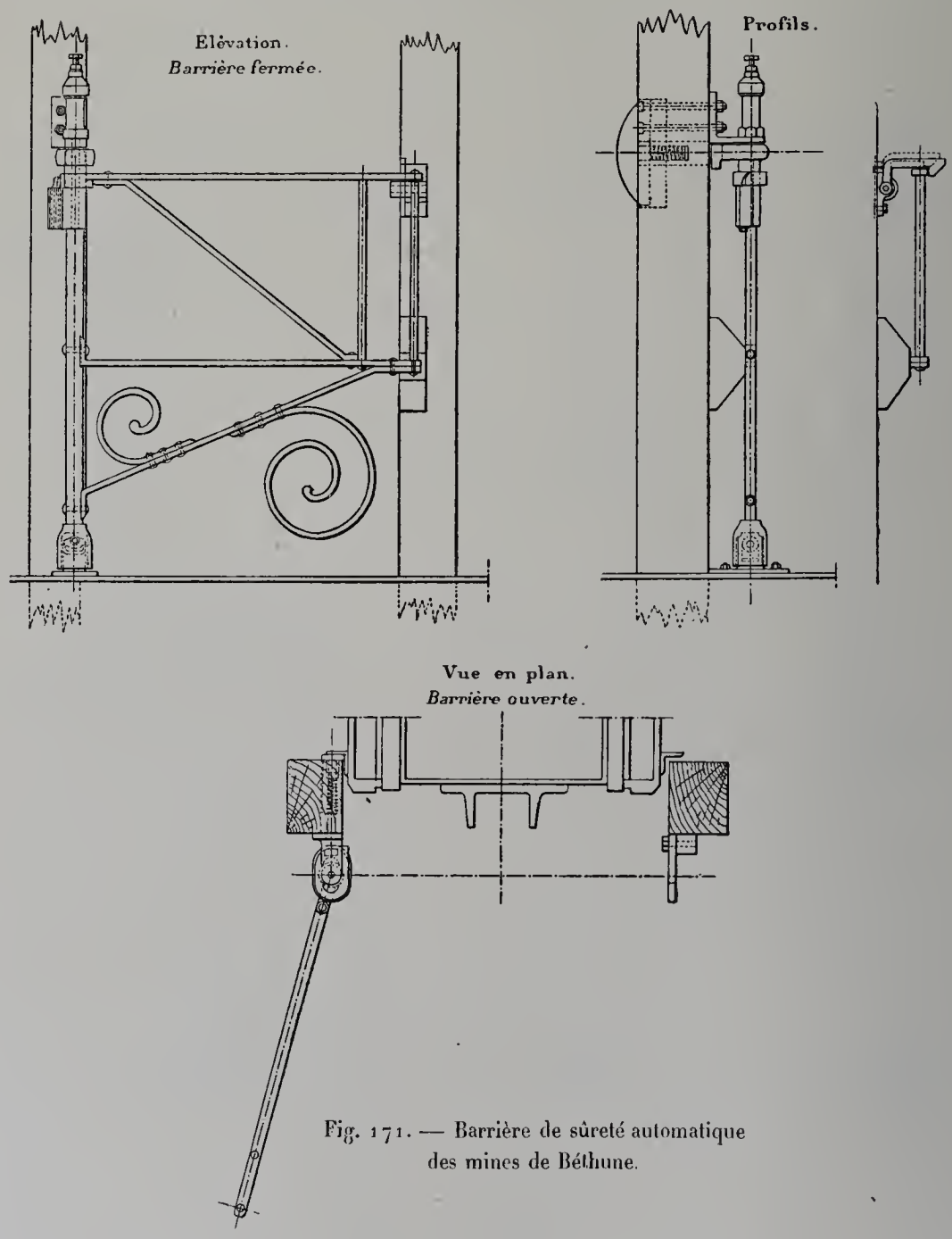


Fig. 171. — Barrière de sûreté automatique des mines de Béthune.

Les tiges T sont calculées pour que la barrière B laisse seulement, en dessous de la cage, un vide de 0 m. 70 inférieur à la hauteur d'une berline. La barrière elle-même peut être aussi haute qu'on le veut. A Mariémont et Bascoup, elle a 1 m. 50, de telle sorte que la hauteur de sécurité se compose de : 1° un vide de 0 m. 70; 2° la barrière de 1 m. 50; 3° un second vide de 0 m. 70 (les berlines ont 0 m. 80 de hauteur), soit 2 m. 90, supérieur à la latitude laissée au mécanicien pour la manœuvre des cages.

Quand la cage redescend, les barrières B doivent s'effacer. Dans ce but, les guides G

du mouvement de B sont infléchis de telle sorte qu'en descendant les barrières s'écartent à une distance suffisante du passage des cages. Ces guides peuvent être des rails ou des barres de tout autre profil qui permet une prise suffisante aux mains-courantes ouvertes fixées aux barrières B et A.

Le fonctionnement est sûr et a donné toute satisfaction.

Barrière automatique pour la fermeture des puits des mines de Béthune.

La barrière automatique, imaginée par les mines de Béthune, ne peut être ouverte que quand la cage vient se présenter devant l'ouverture que protège cette barrière. Cette

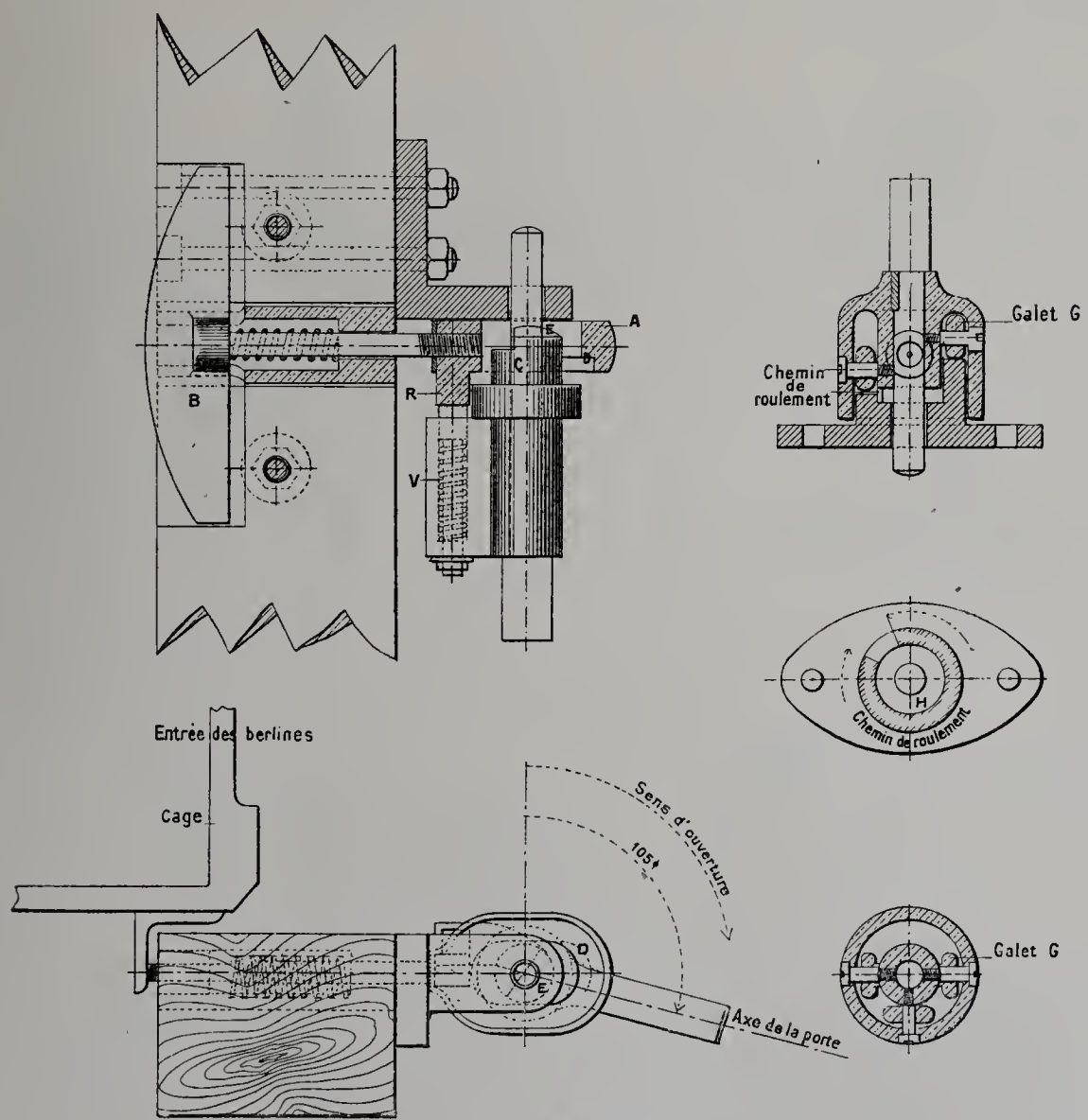


Fig. 172. — Barrière de sûreté des Mines de Béthune. (Barrière ouverte.)

dernière se referme ensuite en s'enclenchant d'elle-même, au moment où la cage disparaît.

Le dispositif (fig. 171, 172 et 173) consiste en un œillet d'enclenchement A que

manœuvre la cage en rencontrant la touche B que traverse le pivot C de la barrière à sa partie supérieure.

L'embrayage est obtenu par une encoche D pratiquée intérieurement à l'œillet et dans laquelle pénètre un tenon d'arrêt E venu de forge avec le pivot de la barrière.

C est la position de fermeture.

Quand la cage se présente, elle agit sur la touche B, pousse l'œillet d'enclenchement A, et dégage le tenon d'arrêt E qui rend toute liberté à la barrière.

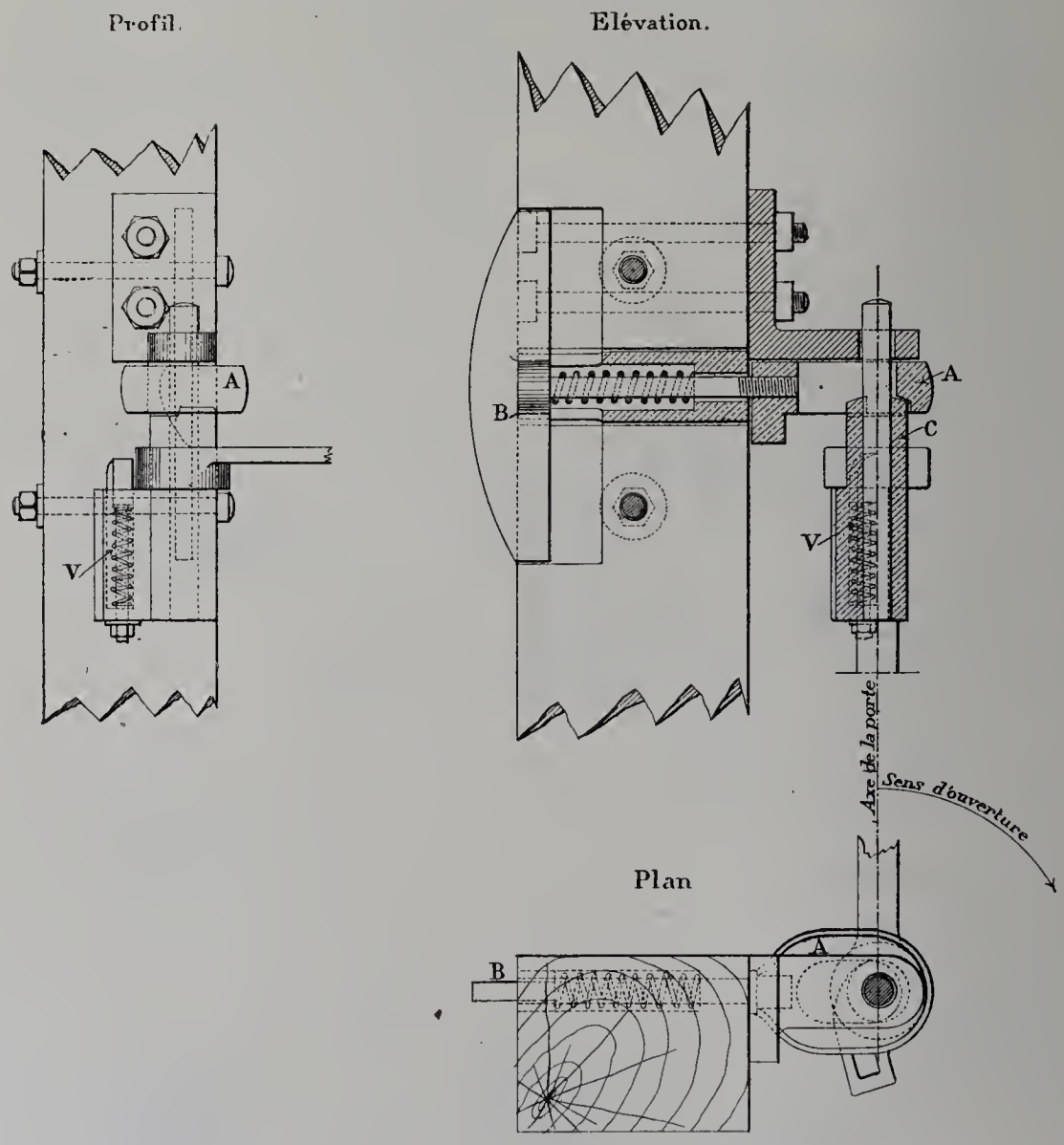


Fig. 173. — Détails de la barrière de sûreté des Mines de Béthune. (Barrière fermée.)

En tournant pour s'ouvrir, la barrière s'élève sur un rampant hélicoïdal H qui entoure l'axe de rotation à la partie inférieure.

La barrière gravit le rampant à l'aide de trois petits galets G et se développe jusqu'à ce qu'elle soit maintenue par un verrou à ressort V qui prend sur un ergot R faisant corps avec l'œillet d'enclenchement A.

C'est la position d'ouverture.

Quand la manœuvre de recette ou d'accrochage est terminée, la cage se retire; elle abandonne la touche B, dont le premier mouvement de recul a pour effet de lâcher le verrou de retenue V dont il vient d'être parlé et qui maintenait la position d'ouverture. La barrière, obéissant alors à la pesanteur, tourne d'elle-même, en descendant sur le rampant hélicoïdal H et, au moment où elle se ferme, l'œillet d'enclenchement A, sollicité par le ressort de rappel qui commande la touche B, embraye l'axe de rotation et immobilise de nouveau le système dans la position de fermeture.

Appareils de sécurité des balances des mines de Courrières.

Ces appareils se composent d'un crochet de suspension particulier et d'un butoir de sûreté.

1° *Crochet de suspension.* — Ce crochet est fixé par une vis de réglage aux sommiers de la poulie-frein; il est écarté par la traverse de tête de la cage au moment de la remonte et vient ensuite, rappelé par son propre poids et par celui d'une chaîne à grosses mailles, s'engager sous cette traverse pour retenir la cage dans le cas de rupture du câble, qui pourrait se produire particulièrement par les chocs de l'encagement, les balances ne comportant pas de taquets.

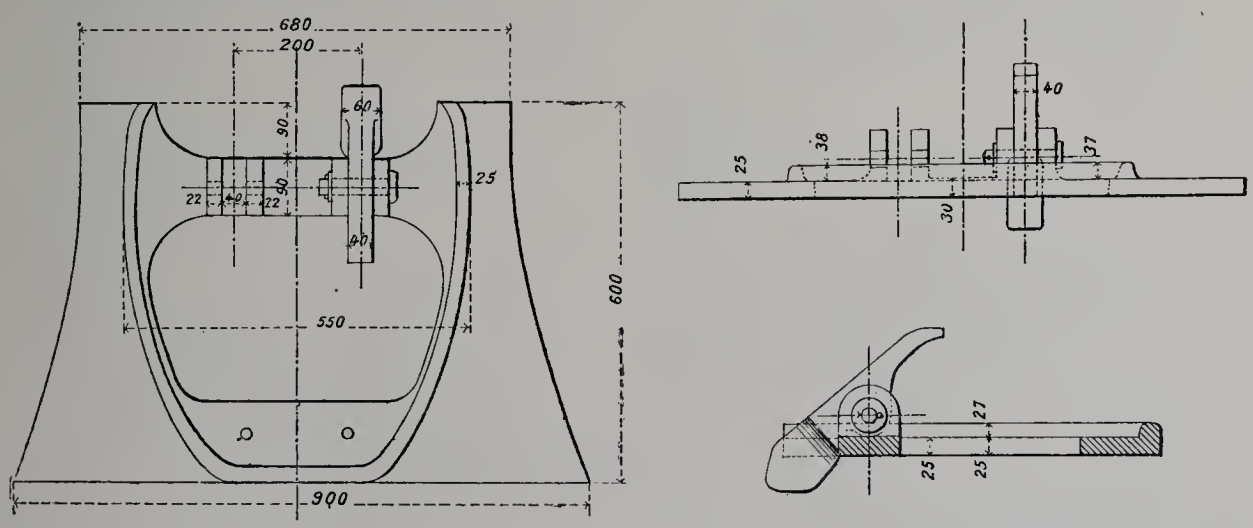


Fig. 174. — Butées de sûreté (cœur à perroquet), pour emballage de beurtia. (Mines de Courrières.)

2° *Butoir de sûreté.* — Il consiste (fig. 174) en une grosse équerre en fer qu'on fixe à la plaque en fonte qui sert à diriger la berline pour l'encagement; cette équerre, qui est maintenue entre deux paliers venus de fonte avec la plaque, a un petit mouvement angulaire autour d'un axe horizontal, elle a une branche verticale et une branche horizontale, cette dernière s'avançant dans le beurtia et étant rencontrée par le cadre de la cage au moment de son ascension.

Quand la cage n'est pas à la tête du beurtia, l'équerre se met, par son propre poids, dans une position telle que sa branche verticale s'élève assez haut pour buter contre les

essieux des berlines et empêcher ainsi qu'on puisse avancer dans le vide du beurtia; au contraire, quand la cage arrive, elle soulève la branche horizontale, la branche verticale s'abaisse, et la berline peut passer.

Cet appareil automatique ne dispense pas, d'ailleurs, des deux barrières exigées dans toutes les installations analogues, recettes des puits et des beurtias; l'une d'elles est un fer rond placé à 1 m. 15 du sol, c'est-à-dire plus haut que le sommet d'une berline chargée; elle est fixe, et l'ouvrier y trouve un point d'appui pour les efforts qu'il peut avoir à faire en manœuvrant; l'autre est à 0 m. 50 environ du sol, elle se déplace à la main en pivotant dans un œillet, et doit, réglementairement, être ouverte et refermée pour chaque manœuvre, ce qui n'occasionne qu'une perte de temps insignifiante.

Dispositif de sûreté de plan incliné aux mines de Courrières.

Pour empêcher que le rouleur puisse avancer une berline dans le plan incliné avant l'arrivée du chariot porteur pour la recevoir, on a disposé un taquet d'arrêt qui ne peut être ouvert que lorsque le chariot est en face de la voie.

Ce taquet est formé (fig. 175) d'une broche coulissant horizontalement dans deux œillets fixés à la voie de roulage et se terminant par un coude d'équerre, qui constitue un obstacle aux roues des berlines.

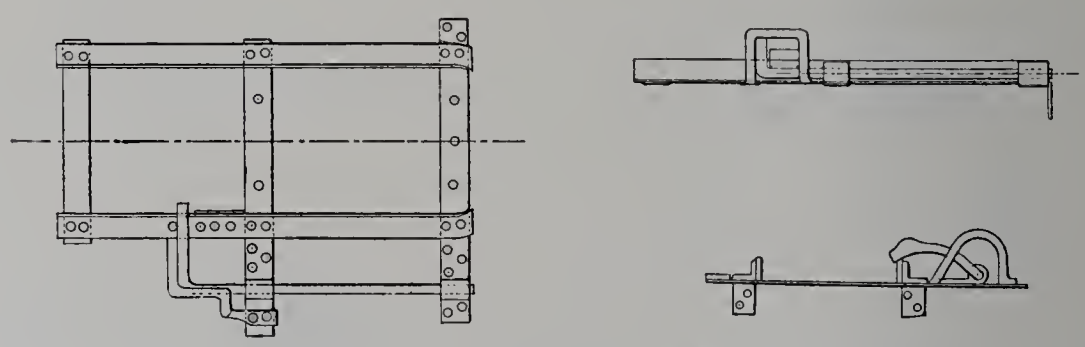


Fig. 175. — Dispositif de sûreté de plan incliné (Mines de Courrières.)

Lorsqu'on veut passer, le taquet doit être renversé; mais la disposition des pièces ne permet d'obtenir ce résultat qu'en poussant la broche en avant et en la faisant pénétrer dans l'intérieur du plan incliné, interdisant ainsi la circulation libre du chariot.

Pour exécuter une manœuvre, il faut donc demander d'abord le chariot; puis, après son arrivée, pousser la broche en avant pour dégager le taquet et alors seulement la berline peut avancer. Or, en poussant la broche, on l'a fait pénétrer dans un œillet que porte le chariot et ce véhicule se trouve ainsi et du même coup fixé, et ses mouvements sont rendus impossibles. La berline étant placée, pour rendre libre le chariot, il faut retirer la broche, ce qui ramène le taquet à sa position d'arrêt. Le mouvement des berlines se trouve donc de nouveau empêché à l'ouverture du roulage.

En somme, cet appareil produit forcément la fermeture de la voie d'accès entre les manœuvres et la fixation du chariot pendant la manœuvre.

Le principe de ce système est dû à M. Méline, des mines de Douchy. Il a été modifié par les mines de Courrières.

Appareils de sécurité adoptés dans les descenderies des mines de Courrières.

L'entrée des deux voies du plan incliné est barrée par des taquets à chaîne (fig. 176) disposés pour revenir normalement dans la position de fermeture ; l'un des taquets

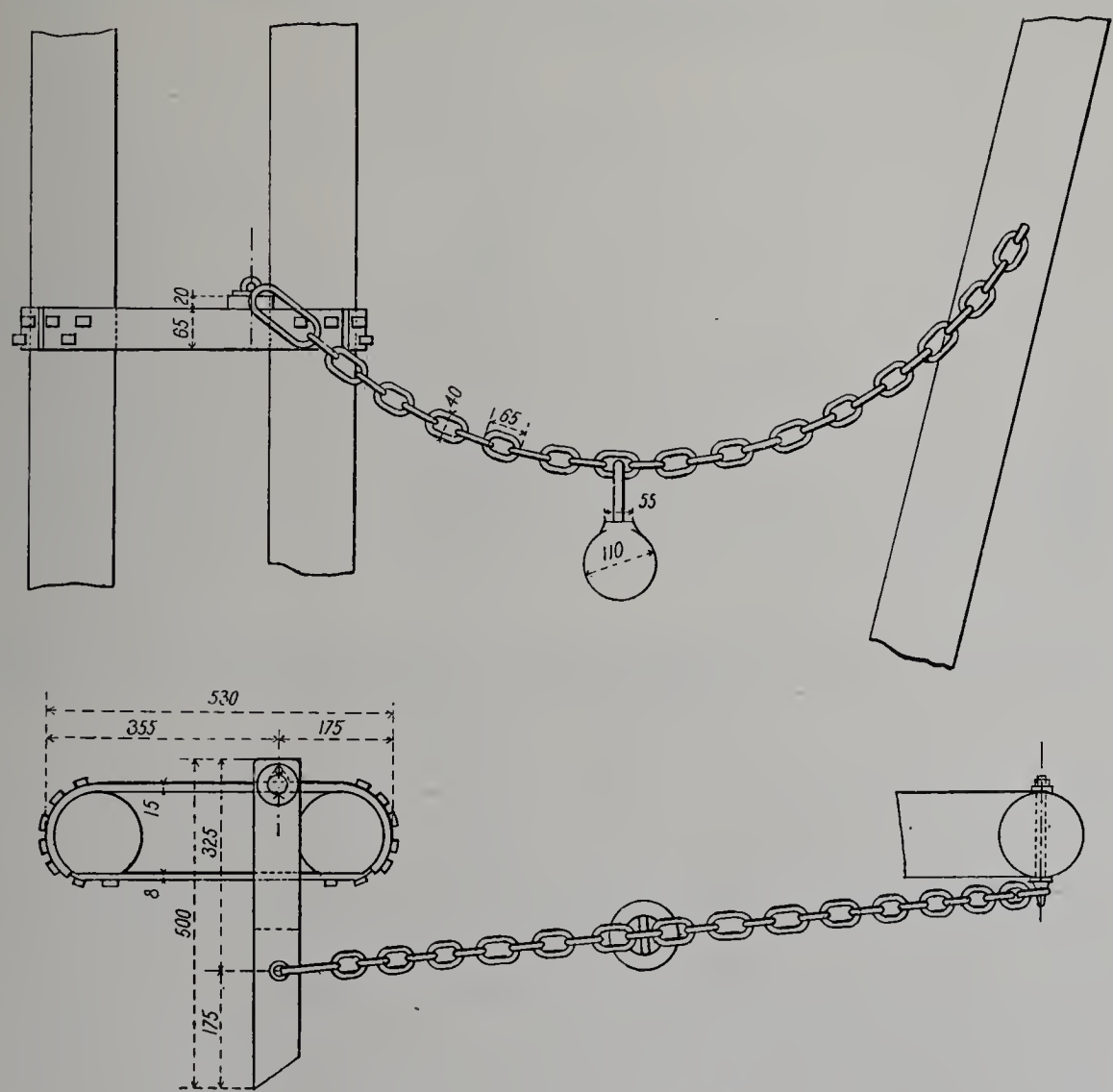


Fig. 176. — Taquet à chaîne des descenderies des Mines de Courrières.

s'ouvre automatiquement par l'action de la berline montante, l'autre est ouvert à la main, à distance, au moyen d'une chaînette ou d'un fil de fer.

Le taquet se compose d'un barreau de fer plat percé d'un trou et embroché sur un appendice qui fait corps avec un support, également en fer, qu'on fixe sur deux bois de

parois; une chaîne portant un petit contrepoids est attachée au barreau, du côté de l'aval, et est accrochée, d'autre part, à un point fixe de la paroi du treuil. La chaîne, alourdie par le poids, se tend lorsque le barreau est poussé par la berline montante, ou lorsqu'on le tire avec le levier de commande; elle le ramène aussitôt contre la butée, dès que l'action pour laquelle il a été déplacé cesse d'agir.

L'appareil qui vient d'être décrit se place à la tête des descenderies et, dans d'autres cas, lorsque le transport des berlines a toujours lieu dans le même sens et qu'il y a intérêt à empêcher le mouvement rétrograde.

Aux plats intermédiaires, le barrage du plan, pendant la manœuvre de l'accrochement, est effectué par un autre appareil auquel les ouvriers ont donné le nom de *fusil*, à cause de sa forme qui rappelle un peu celle de cette arme.

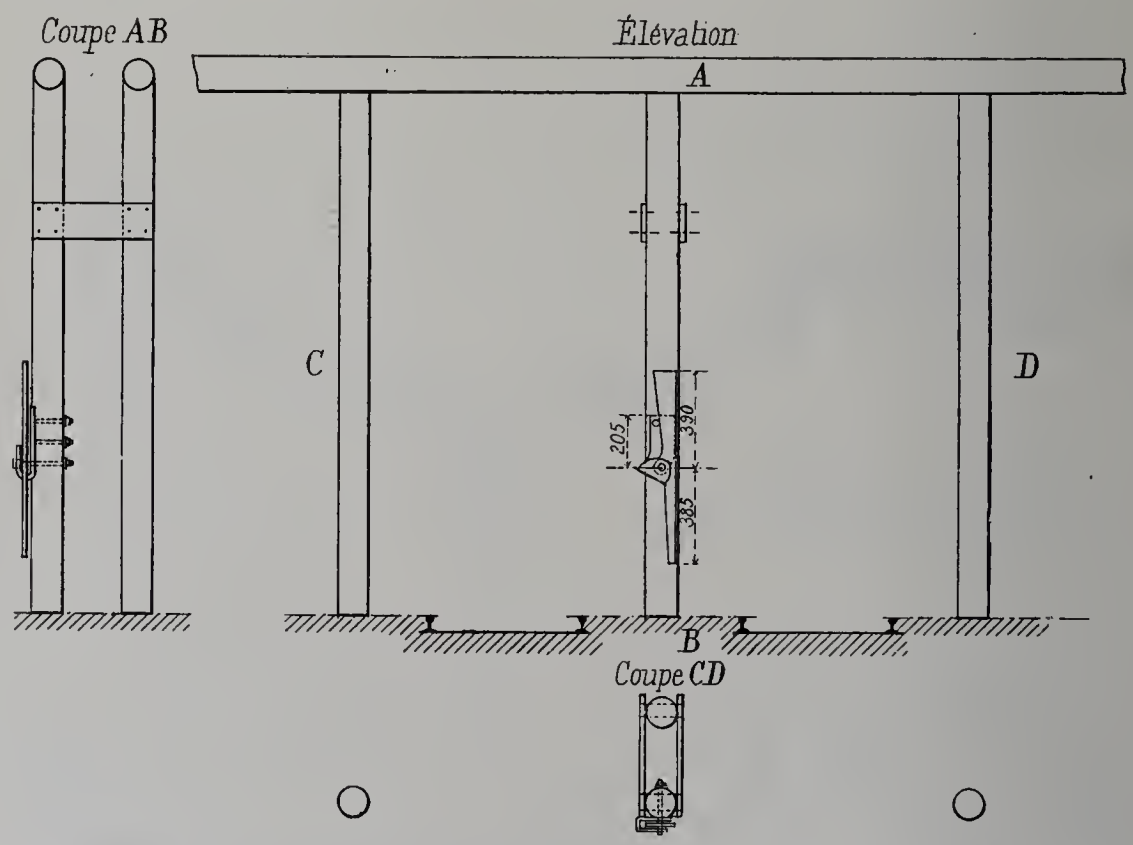


Fig. 177. — Système de fermeture dit «fusil» des plats intermédiaires dans les descenderies des Mines de Courrières.

Cette barrière (fig. 177), dite *fusil*, est placée en aval de chaque plat de manœuvre et doit être fermée par l'ouvrier lorsqu'il s'avance sur ce plat pour accrocher une berline; elle est formée d'un balancier à bras de même longueur, mais de poids inégaux, porté sur un support disposé de telle façon que le balancier soit stable dans sa position verticale comme dans sa position horizontale; un simple coup de main suffit donc pour dégager ou pour fermer l'entrée des voies. Cet appareil n'est pas automatique, mais a l'avantage de pouvoir être manœuvré très facilement et très rapidement.

Pour retenir les berlines en cas de rupture du câble, on attache un piqueron (fig 178) en arrière des berlines.

Pour empêcher toute fausse manœuvre, lorsqu'on veut monter sur un plan, on fixe l'extrémité inférieure du câble à une attache qui n'est autre qu'une chaînette d'attelage ordinaire qu'on a accrochée à un bois de soutènement. Cette chaînette et celle qui

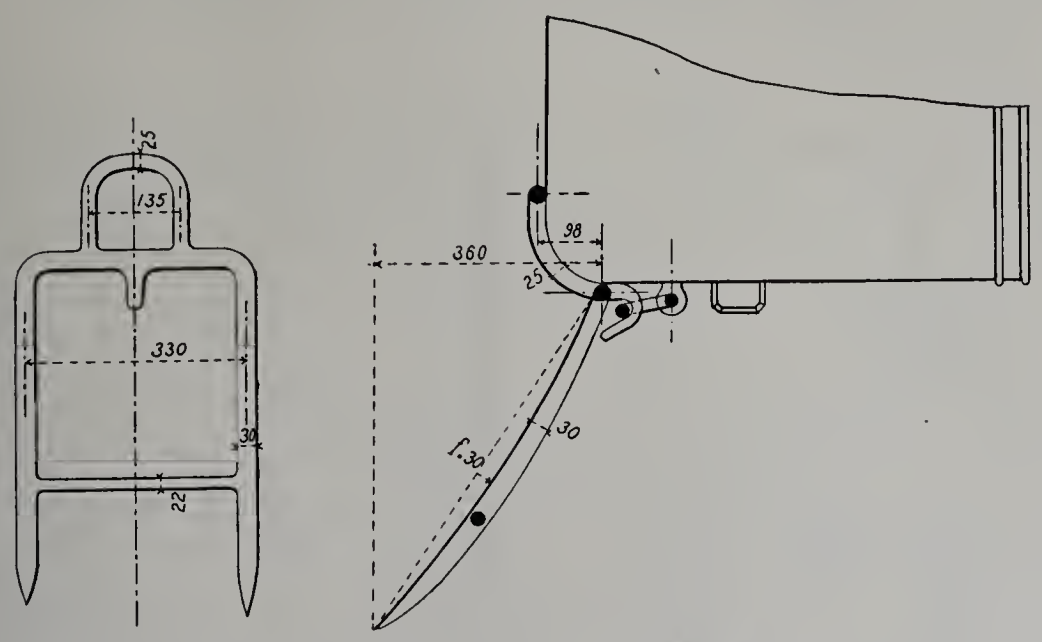


Fig. 178. — Servante pour descenderie des Mines de Courrières.

termine le câble sont entrelacées comme dans l'accrochement ordinaire et, par conséquent, si, par inadvertance, le rouleur, qui est à la tête du plan incliné, voulait y faire descendre une berline, celle-ci serait arrêtée par le câble solidement amarré à la base du plan incliné.

Barrières semi-automatiques pour recettes de puits d'extraction des mines de Montrambert.

Les barrières nouvelles des mines de Montrambert s'ouvrent simultanément des deux côtés de la recette, sous un faible effort du receveur et ne peuvent rester ouvertes en dehors de cet effort que si la cage est en face de la recette. Dès que celle-ci s'efface, soit en descendant, soit en s'élevant au-dessus de la recette, les barrières retombent.

Ces barrières A (fig. 179), formées de panneaux en tôle perforée coulissant dans des glissières verticales, sont reliées à l'aide de chaînes et de poulies à un cylindre à air comprimé à simple effet D, dont le distributeur est tenu normalement abaissé par un levier à contrepoids B à la portée du receveur. Dans cette position, la lumière est à l'échappement et les barrières sont fermées; pour les ouvrir, il suffit au receveur de soulever le levier, mais alors, une languette à talon F, reliée au levier par des renvois articulés, vient accrocher un talon inverse fixé au moyen d'une came en épicycle K très rapprochée du passage de la cage.

Si la cage est à la recette, le receveur peut abandonner le levier. Celui-ci, en effet, ne peut s'abaisser qu'en relevant la came qui se trouve arrêtée par un montant de la

cage. Mais si la cage s'efface, la came soulevée se décroche et retombe, laissant le distributeur redescendre et avec lui les barrières.

Il en résulte que la levée des barrières exige l'intervention du receveur; leur descente seule est automatique et la vitesse de cette descente peut être réglée par certaines dis-

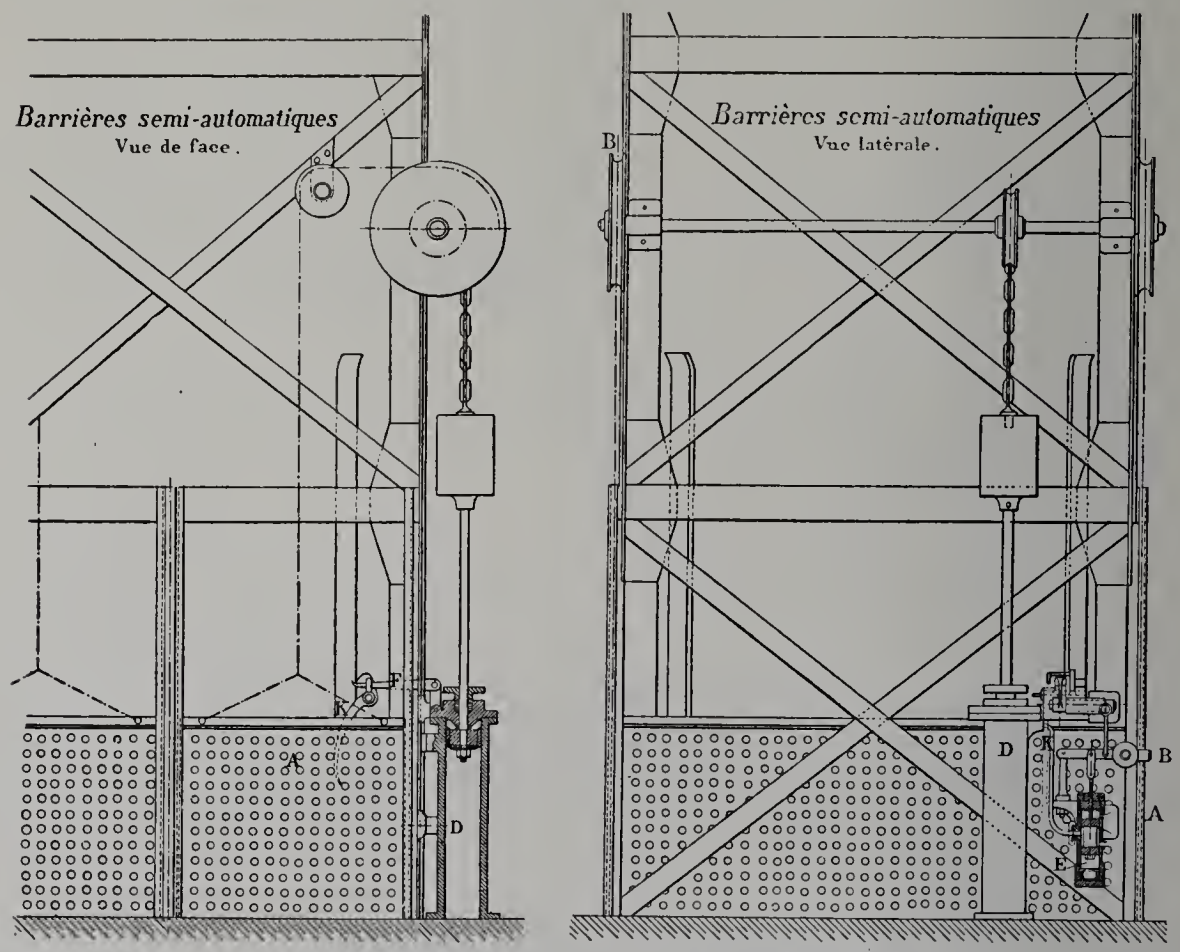


Fig. 179. — Barrières de sûreté semi-automatiques des Mines de Montrambert.

positions. Un robinet d'arrêt permet d'immobiliser les barrières lorsqu'elles doivent être laissées sans surveillance.

Plans inclinés et Barrière de sûreté des mines de Lens.

Nous signalons enfin les dispositifs de sûreté dont sont munis les plans inclinés des mines de Lens :

1° Un frein normalement serré, à la tête du plan, commandé par un contrepoids que l'on doit soulever pour permettre le mouvement des berlines ;

2° Une fermeture de sûreté formée par un bois de mine ou une chaîne;

3° Une sonnerie avec sonnette aux deux extrémités permettant de transmettre des signaux de la tête au pied du plan et réciproquement;

4° Au pied, le plan ne débouche pas directement dans la galerie de roulage; il est relié à celle-ci par une petite montée; des vieilles cordes, disposées au bas du plan, servent de tampon au cas où une berline viendrait à s'échapper.

La barrière de sûreté de la tête du plan incliné est suspendue par deux crochets. Pendant la manœuvre elle est ouverte. Lorsque la berline montante arrive, elle agit sur une came qui repousse les crochets et la barrière retombe automatiquement. Avant de pouvoir engager la berline pleine dans le plan, il faut accrocher à nouveau la barrière; la berline en passant actionne encore la came, mais en sens inverse et sans que les crochets soient déplacés. La barrière reste donc ouverte. Enfin on peut agir à la main sur le crochet par l'intermédiaire d'un petit levier et obtenir ainsi la fermeture de la barrière.

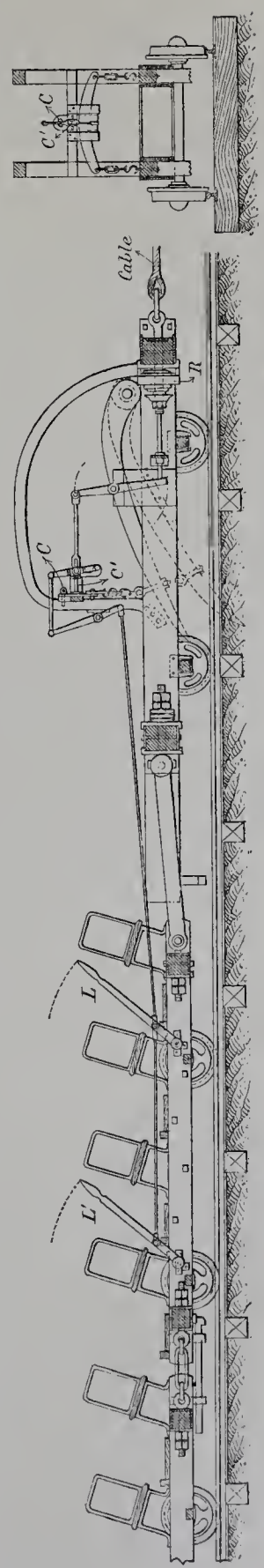


Fig. 180. — Parachute automatique Marsaut pour les trains ouvriers circulant dans les plans inclinés. (Mines de Bessèges.)

C. Cheville immobilisant l'enclenchement pendant le garage du convoi.
C'. Cheville de l'enclenchement.
L, L'. Leviers de commande de l'enclenchement à la disposition des conducteurs du convoi.
R. Ressort à boudin.

Transport des ouvriers dans les grands plans inclinés des mines de Molière (Cie houillère de Bessèges).

Pour éviter aux ouvriers la fatigue des longs parcours souterrains, M. Marsaut, ingénieur en chef de la Compagnie de Bessèges, a eu l'idée de les transporter mécaniquement sur les grands plans inclinés qui sont comme les grandes artères de la mine et dont quelques-uns, comme le plan Saint-Hubert, ont jusqu'à 3 kilomètres de long.

Ces plans inclinés sont à voie unique avec câble s'enroulant sur un tambour placé en tête et actionné par une machine à vapeur; tous les étages de la mine sont reliés au plan incliné par un aiguillage et on peut ainsi aller de l'un à l'autre avec la plus grande facilité.

Pour le transport des ouvriers, on a construit des wagons spéciaux composés du truc du wagon à houille dont la caisse est remplacée par quatre banquettes pouvant recevoir chacune deux hommes; on assemble ces wagons en convois de dix ou quinze et on peut transporter ainsi d'un seul coup jusqu'à 120 ouvriers. Les attelages des wagons ont été particulièrement soignés; ils sont triples. L'attelage central travaille seul en temps ordinaire et se compose de deux forts pitons reliés par un anneau; les attelages latéraux, également très résistants, peuvent suppléer l'attelage central en cas de rupture; enfin, un troisième attelage, dont le but est surtout de donner de la rigidité au convoi dans les

IMPRIMERIE NATIONALE

cas de déraillements ou de tamponnements intempestifs, est placé sur les tampons des wagons et se compose de fortes barres en fer carré coulissant dans deux étriers et portant à chaque bout un tenon d'arrêt. Tous ces attelages donnent une garantie à peu près absolue contre les ruptures; on se propose néanmoins d'en ajouter un quatrième, composé d'un bout de câble qui passerait sous le convoi et relierait le wagon de tête au wagon de queue.

Parachute automatique. — Pour compléter l'installation, M. Marsaut a imaginé un parachute très ingénieux (fig. 180), destiné à parer aux ruptures du câble et dont le fonctionnement sûr met à l'abri de tout accident. Ce parachute se compose essentiellement de deux fortes griffes portées par un solide truc en fer; les griffes sont tenues relevées par un enclenchement à cheville dont le jeu est à la fois automatique et à la disposition du chef de train; la tension du câble comprime un ressort qui se détend en cas de rupture, arrache la cheville et fait tomber les griffes: ce même déclenchement peut être réalisé à tout instant par le chef de train en tirant sur un levier. Une fois à terre les griffes pénètrent dans le sol entre les traverses de la voie comme deux socs de charrue et réalisent ainsi l'arrêt du convoi progressif et sans choc après un parcours de quelques dizaines de centimètres. L'expérience a été faite plusieurs fois avec des convois de houille fortement chargés et elle a toujours été très concluante. Pour donner plus d'assiette au parachute et éviter qu'il puisse quitter les rails et se cabrer au moment de l'arrêt, on a prolongé les tampons d'arrière et on les a munis d'un talon qui passe très près du rail et fait ainsi point d'appui.

Ce parachute est en usage depuis plusieurs années dans tous les grands plans inclinés de Molières et de Bessèges et il n'a jamais donné lieu à aucun ennui.

CHAPITRE VII.

POMPES.

Depuis que l'on cherche à supprimer les longues conduites de vapeur dans les mines pour se soustraire aux nombreux inconvénients de ce système, on a essayé divers moyens d'actionner les pompes souterraines soit par l'air comprimé, soit par l'eau, soit par l'électricité.

Les types exposés montrent que c'est surtout la commande électrique que l'on a cherché à développer et à perfectionner. Un seul modèle de pompe à action hydraulique, système Kaselowsky, était présenté par les ateliers de La Chaléassière. Nous donnerons quelques détails sur ce type en notant toutefois les difficultés de ce genre d'installation et en particulier celles qu'on éprouve à obtenir une tuyauterie étanche et solide.

Mais, nous l'avons dit, l'intérêt principal des modèles nouveaux de pompes d'épuisement consiste dans l'emploi de l'électricité pour leur commande. On a rencontré, dans l'adaptation du moteur électrique à la pompe, des difficultés sérieuses surtout en raison de la grande différence qui existe entre les vitesses ordinaires de rotation des moteurs électriques et le nombre de coups donné par les pompes à plongeurs, même les plus rapides.

La solution, qui fut adoptée dès le début, et que l'on adopte encore dans la plupart des types actuels, consiste à relier le moteur à la pompe par un ou plusieurs trains d'engrenages; c'est ainsi que sont établies les pompes à simple, double ou triple harnais construites et exposées par les maisons françaises. Toutefois, la commande par engrenages a un certain nombre d'inconvénients et il existe quelques exemples d'installations semblables où l'on s'est résolu à substituer franchement la commande par courroie à celle par engrenages.

Certains constructeurs ont cherché une solution différente. En même temps qu'on réalisait de nouveaux types de moteurs dont les vitesses de rotation s'abaissaient jusqu'à 300 ou 250 tours, on étudiait des dispositions de pompes permettant d'obtenir une rapidité de fonctionnement plus grande. On est arrivé à obtenir de cette façon une égalité de fonctionnement des deux appareils qui a permis le couplage direct de la pompe sur le moteur; c'était le but que l'on cherchait.

De ce fait, on réduisait considérablement l'encombrement de tout le système et l'on utilisait tout le rendement du moteur sans l'intermédiaire peu économique des trains d'engrenage.

C'est sur ces données qu'ont été établies les pompes «express» système Riedler et Ehrhardt.

La pompe rapide a toujours été délicate à établir en raison de la difficulté de réaliser des soupapes dont le fonctionnement soit sûr à de grandes vitesses. On verra les

dispositifs réalisés au moyen de soupapes en bois, par M. Riedler et la maison Ehrhardt. Il est difficile de dire ce que donneront à la pratique ces types, si intéressants en

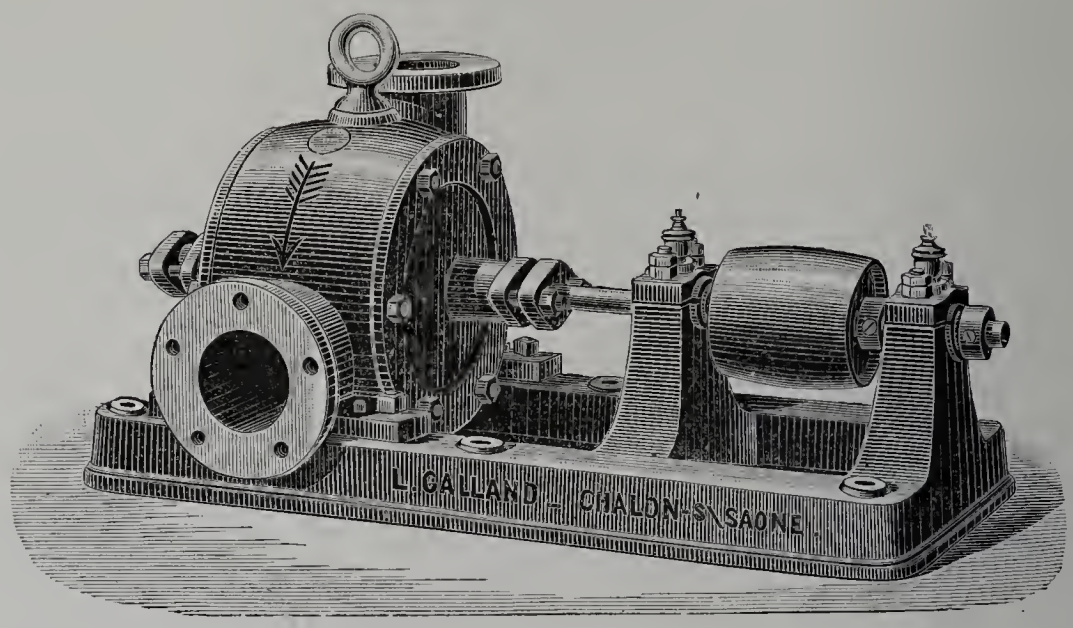


Fig. 181. — Pompe centrifuge Galland.

principe. Leur rendement, tel qu'il est indiqué par les constructeurs, est bon et leurs avantages de faible encombrement les rendent précieux dans bien des cas.

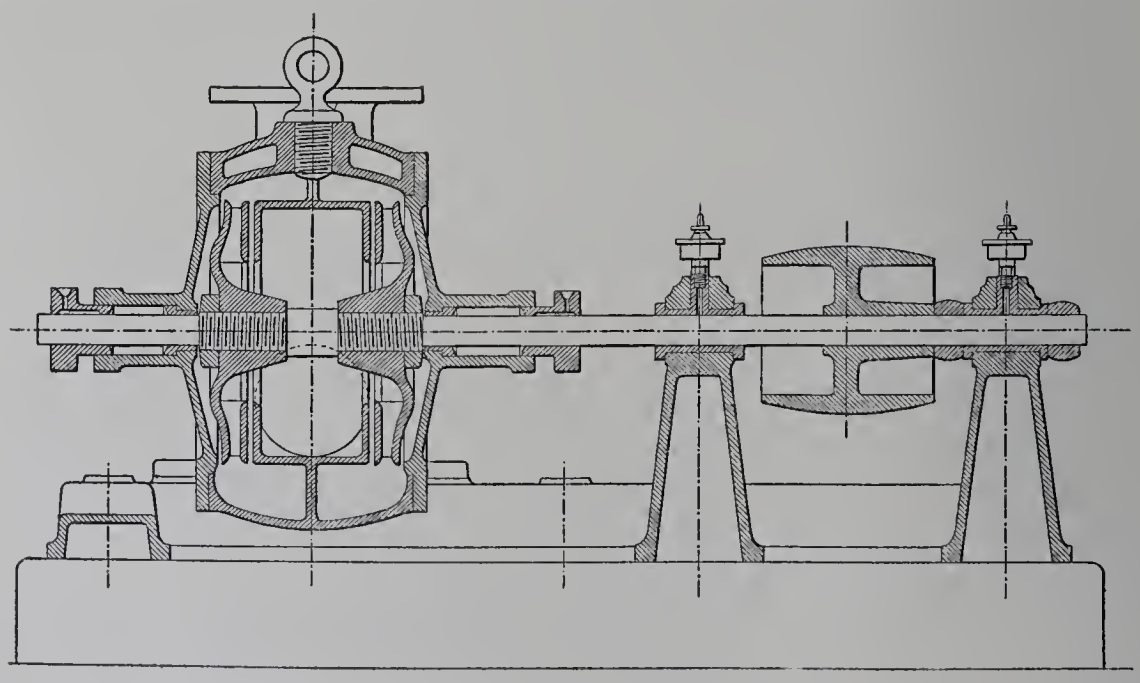


Fig. 182. — Pompe centrifuge Galland. — Coupe.

De toute façon, un progrès notable a été réalisé dans les pompes de mines et il est à présumer que des perfectionnements ne tarderont pas à rendre la pompe électrique de l'un ou l'autre système réellement pratique.

Pompes centrifuges Galland.

Ces pompes centrifuges (fig. 181 et 182) possèdent un dispositif particulier destiné à éviter les rentrées d'air accidentelles à travers les presse-étoupes de l'axe. A cet effet, l'eau est aspirée par le milieu de la coque; les turbines sont noyées; elles ont l'arrière tourné vers les presse-étoupes. Entre l'arrière de ces turbines et l'enveloppe de la pompe se trouve un espace libre qui est rempli par l'eau de refoulement. Les presse-étoupes sont donc au contact de cette eau et servent seulement à la retenir.

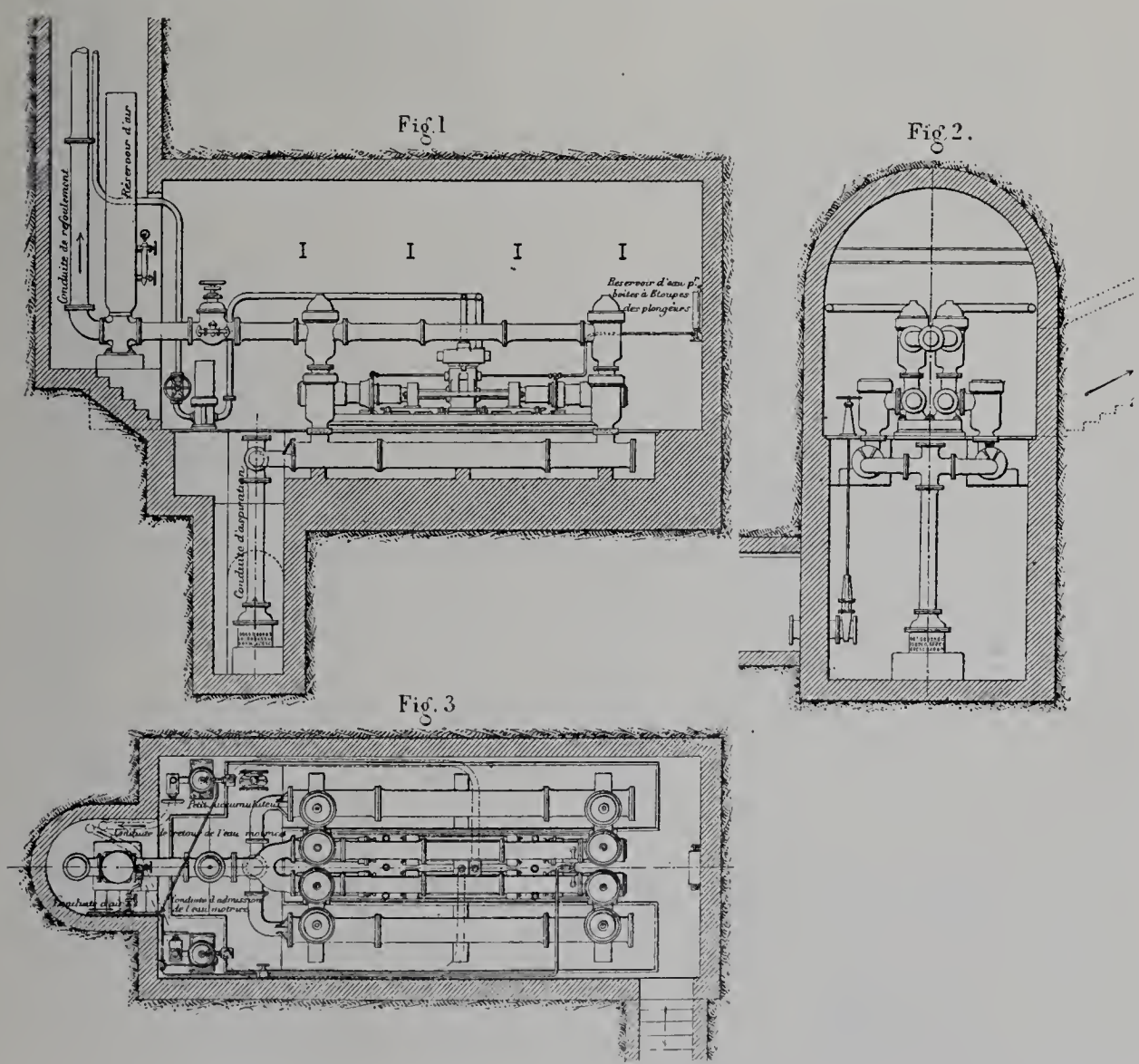


Fig. 183. — Pompes d'épuisement jumelles souterraines à transmission hydraulique système Kaselowsky. (Mines de la Béraudière.)

Machine d'épuisement à transmission hydraulique, système Kaselowsky (puits Ferrouillat-La Béraudière).

Le système Kaselowsky est connu ; nous nous contenterons donc de donner les caractéristiques de l'installation de La Béraudière (fig. 183 à 186).

Les conditions imposées sont les suivantes :

Élever 50 litres par seconde (ou 180 mètres cubes par heure) à la hauteur de 455 mètres qui pourra être portée à 653 mètres. Le travail utile en eau correspondant à ces deux stations extrêmes sera donc de 305 et 435 HP ; la même machine foulante du jour, les mêmes pompes du fond devront y pourvoir par un simple changement dans le degré de détente de la vapeur et le degré de pression de l'eau foulée.

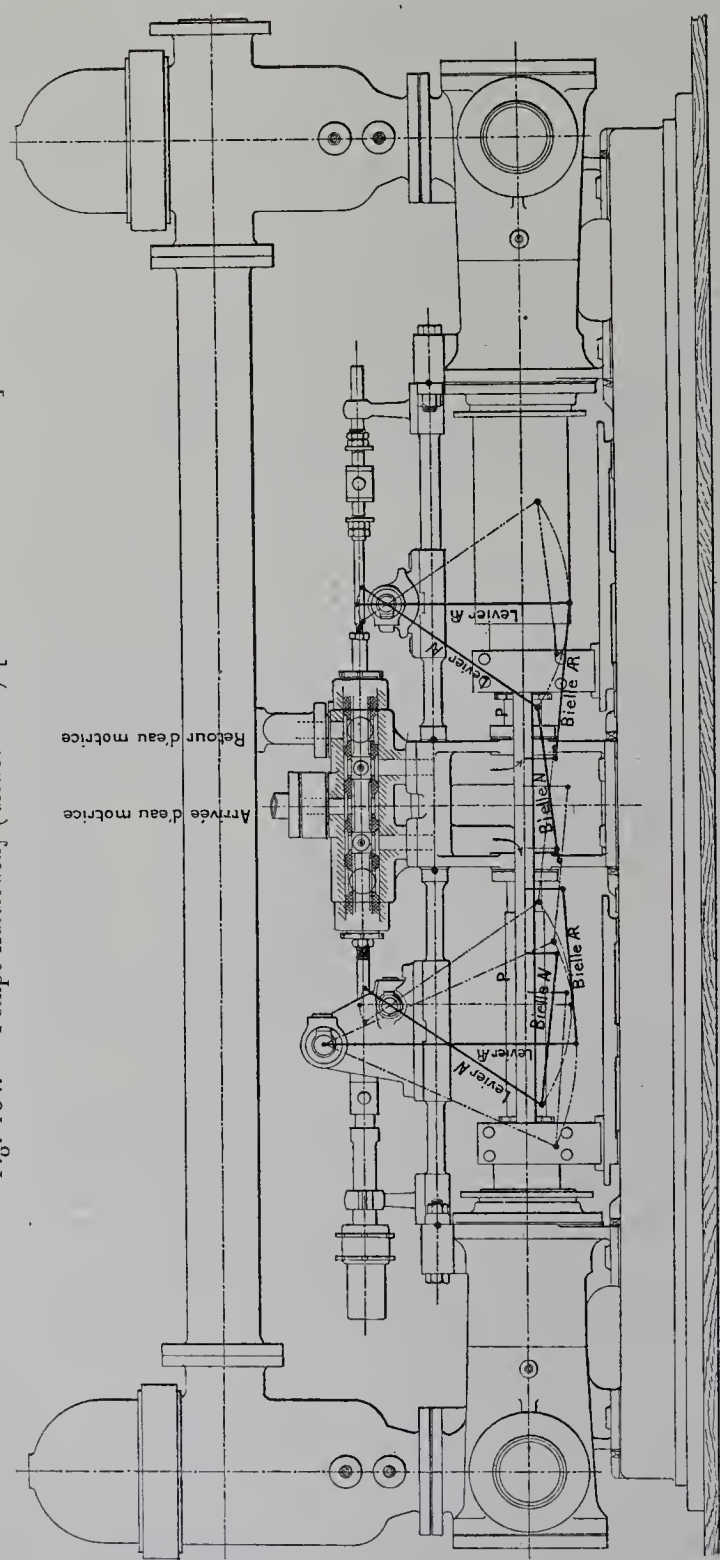


Fig. 184. — Pompe Kaselowsky (distribution). [Mines de la Béraudière.]

La machine du jour (fig. 185) d'une force de 400 HP est horizontale, compound, à condensation avec cylindres parallèles et manivelles à 90°. Les diamètres des cylindres sont de 0 m. 725 et 1 m. 200 : la course, de 1 m. 200. Distribution par soupapes du système Collmann. Vitesse : 50 tours par minute. Elle est capable de donner plus tard 650 HP avec une détente de 1/13.

Les pompes foulantes, attelées en tandem à l'arrière des cylindres à vapeur, ont 78 millimètres de diamètre et même course de 1 m. 200. Elles refoulent l'eau motrice à la pression de 190 kilogrammes par centimètre carré, pression qui sera portée progressivement à 235 kilogrammes lorsque la profondeur finale sera atteinte.

La conduite d'eau motrice, en acier étiré sans soudure, a 70/92 millimètres de diamètres; la conduite de retour, en fer soudé par recouvrement, a 80/94 millimètres.

Les pompes jumelles souterraines (fig. 183 et 184) ont 144 millimètres de diamètre

au piston moteur et 260 au plongeur de l'exhaure. La course commune est de 800 millimètres, et la vitesse, de 20 coups doubles par minute pour chaque pompe.

La conduite de refoulement, en fer soudé par recouvrement, a un diamètre extérieur

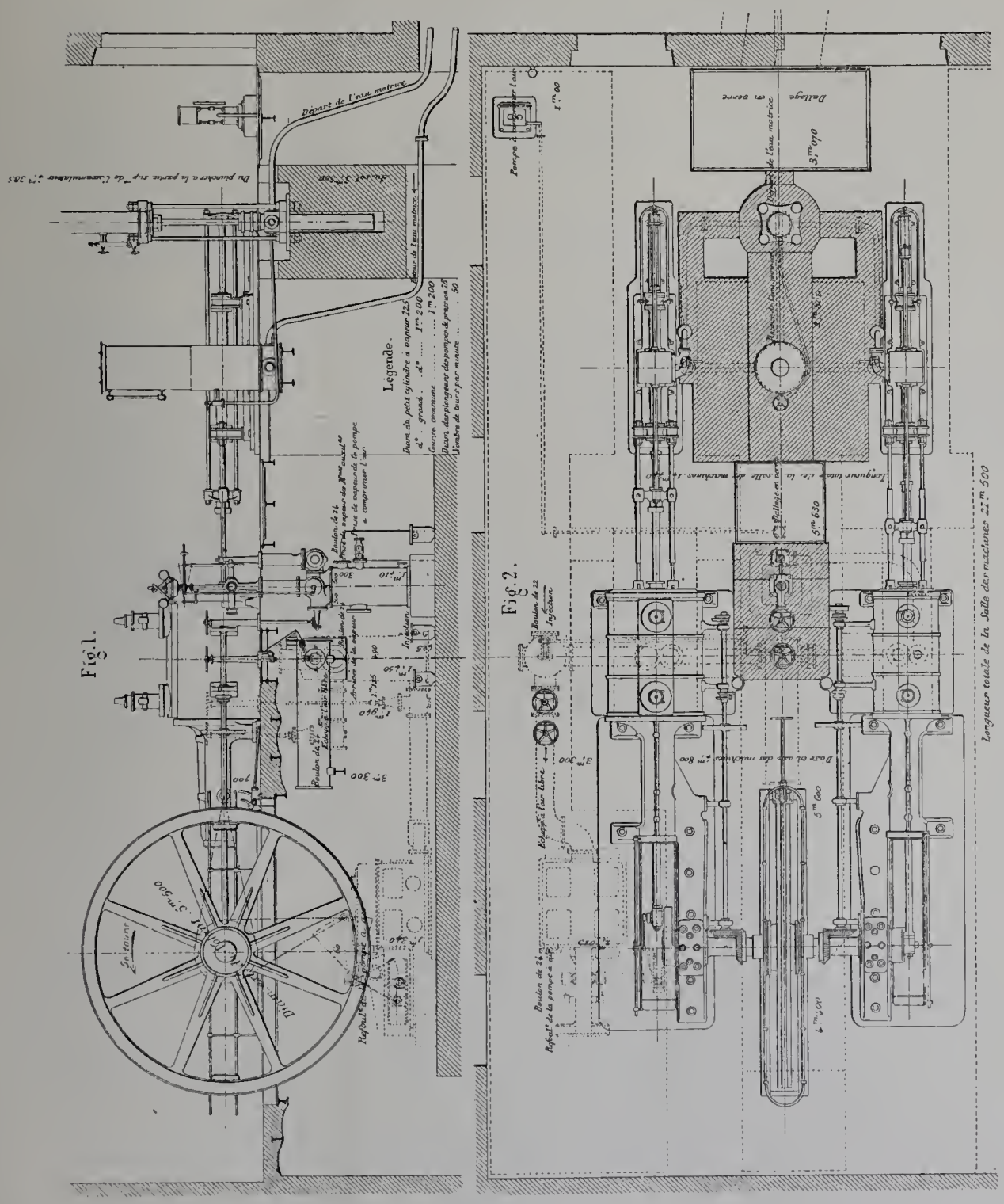


Fig. 185. — Pompe d'épuisement à transmission hydraulique, système Kaselowsky, des Mines de la Béraudière. — Ensemble de l'installation du jour.

uniforme de 244 millimètres et un diamètre intérieur variable, de 225 millimètres dans le bas, de 230 dans le haut.

Toutes les conduites sont galvanisées.

L'eau motrice est mélangée de vaseline ou d'autres matières grasses qui forment avec

elle une sorte d'émulsion, mélange intime très favorable à la lubréfaction des organes.

Pour amortir les irrégularités de débit, on place au jour et au fond, sur la conduite d'eau motrice, un accumulateur-régulateur de pression, sorte de piston double plongeant d'un côté dans un pot de presse relié avec la conduite, de l'autre, dans un cylindre à air comprimé, ce qui explique l'adjonction d'une petite pompe à air comprimé pour réparer de temps à autre les pertes. La petite conduite d'air comprimé qui va au fond est en cuivre rouge et a 10 millimètres de diamètre. La pression de l'air est de 60 kilogrammes.

Chaque pompe Kaselowsky est composée de deux jeux de pistons parallèles reliés deux à deux en tandem.

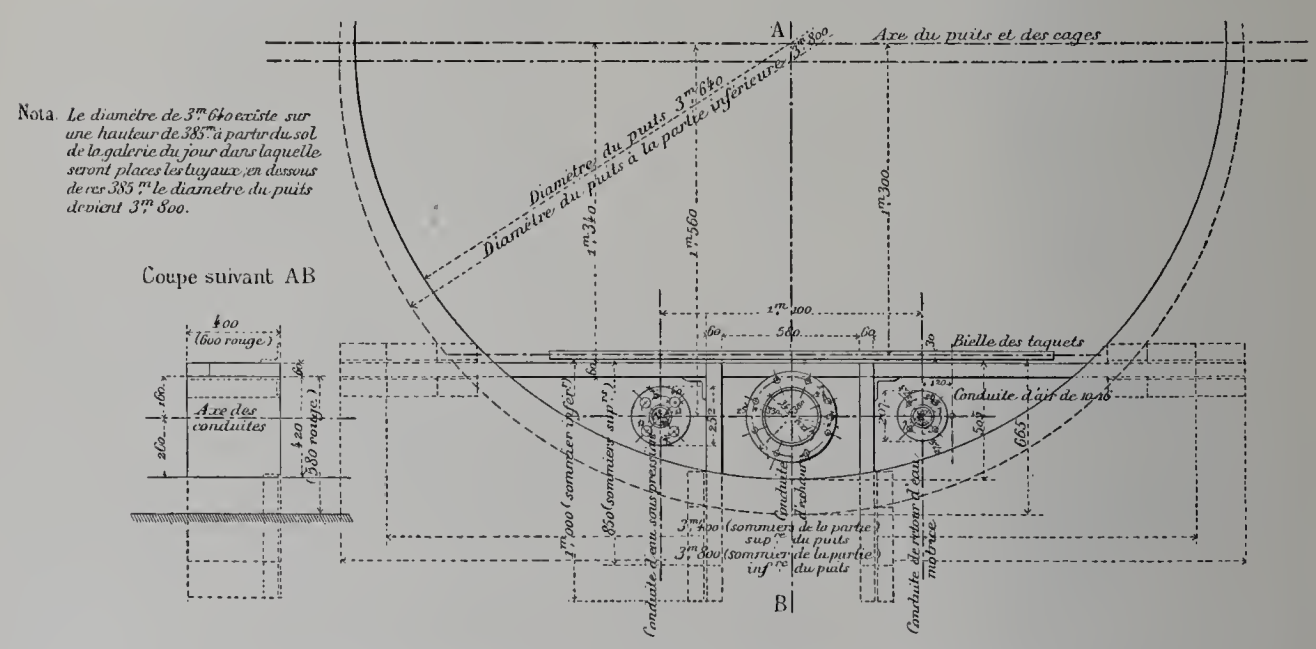


Fig. 186. — Pompe d'épuisement hydraulique, système Kaselowsky.
Disposition de la tuyauterie dans le puits. (Mines de la Béraudière.)

La distribution présente la disposition suivante (fig. 184) :

Les pistons d'exhaure actionnent les tiroirs distributeurs par un double jeu de leviers agissant sur des butoirs montés sur les tiges.

1° *Les leviers de gauche,* reliés chacun à une ligne de pistons, commandent le tiroir de distribution de la ligne symétrique; le grand levier *N* attaque le tiroir des pistons d'exhaure *R*. Le levier *R* fait mouvoir de même le tiroir des pistons *N* ; ces deux leviers déterminent l'admission et l'échappement de l'eau motrice dans l'intérieur des pistons moteurs fixes PP.

2° *Le levier de droite N* commande le tiroir *N* (vu en coupe) et l'amène en position moyenne en arrivant aux deux extrémités de sa course. Ce mouvement *limite la course des pistons d'exhaure,* les orifices étant fermés à l'admission et à l'échappement lorsque le tiroir occupe la position moyenne.

POMPE D'EPUISEMENT SOUTERRAINE

REFOULANT 60^{M3} A L'HEURE A 220^{M} DE HAUTEUR

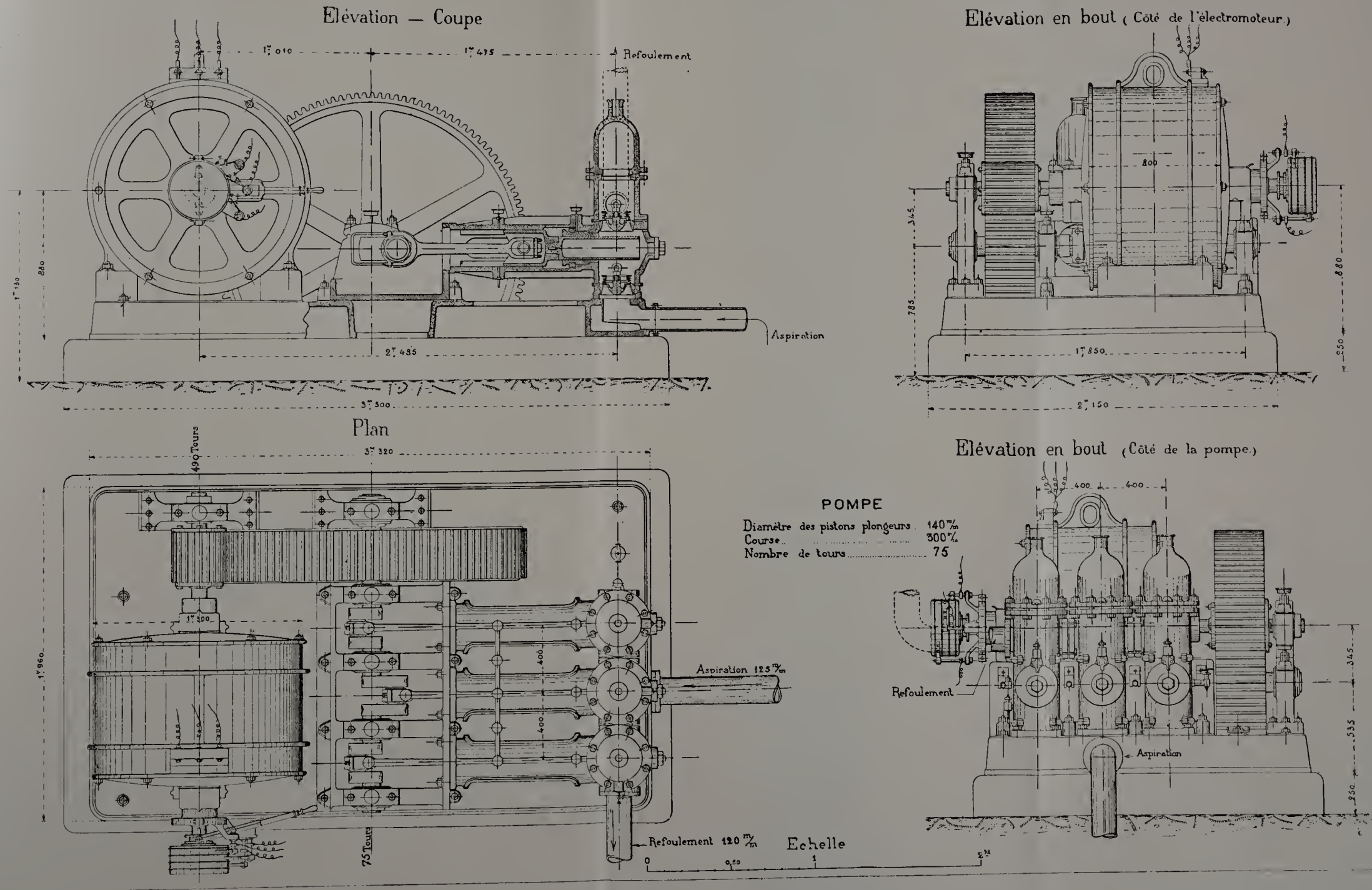


Fig. 187. — Pompe d'épuisement électrique des mines de Carmaux.

C. F. E.

Le levier de droite *R* commande de la même façon le tiroir *N* (placé derrière le tiroir VII en coupe).

La distribution est donc faite d'une façon assez analogue à celle des pompes à vapeur à action directe genre Worthington.

La machine de jour est alimentée par une batterie de chaudières Buttner timbrées à 8 kilogrammes.

Cette installation est faite par les ateliers de La Chaléassière, elle était en montage au moment de l'Exposition.

La planche annexée montre que ces pompes du fond forment un tout compact.

Comme rendement, on peut indiquer celui d'une installation analogue faite récemment en Espagne aux mines de la Réunion, et capable de 6 mètres cubes à la minute, à 253 mètres.

Le rendement a été de 72 p. 100 en moyenne (rapport en eau élevée à la puissance indiquée sur les pistons). Le rendement volumétrique des pompes du fond serait de 99 p. 100.

Pompes électriques Galland.

Ces pompes sont de deux types, soit avec double harnais, soit à commande directe. Les premières présentent les dispositions ordinaires, avec trois corps à pistons plongeurs. Les secondes sont commandées par courroie avec tendeur. Dans ce dernier type le piston plongeur est vertical et, pour répartir les efforts sur l'arbre coudé, la pompe est à double effet. Pour cela on a employé un piston différentiel dont les diamètres, dans la pompe exposée, étaient de 70 et 95 millimètres, avec 120 millimètres de course. Le débit de ce type est de 3 mètres cubes par heure à 70 mètres de hauteur de refoulement.

Pompe d'épuisement électrique des mines de Carmaux (courant triphasé).

La pompe électrique de Carmaux (fig. 187) comprend trois corps de pompe horizontaux à simple effet et à pistons plongeurs, actionnés par un arbre à trois coudes portant une roue dentée qui fait 90 tours par minute.

Celle-ci reçoit son mouvement directement d'un pignon en cuir vert monté sur l'arbre de l'induit d'un moteur triphasé, qui marche à la vitesse de 490 tours sous 240 volts.

Les appareils de ce type qui fonctionnent aux puits de la Grillatié et de Sainte-Marie font un excellent service.

Cette pompe refoule 60 mètres cubes à une hauteur de 200 mètres. L'emplacement occupé par l'ensemble du système a 2 m. 200 de longueur sur 1 m. 400 de large et 1 m. 200 de hauteur.

Pompe électrique du puits de la Loire (des mines de la Loire).

Le puits de la Loire a 530 mètres de profondeur; à un niveau de 350 mètres on avait 500 mètres cubes d'eau en vingt-quatre heures à élever directement, pour éviter de les envoyer au fond du puits au moment de l'installation d'une nouvelle recette au niveau 520.

On a donc installé une pompe qui fut actionnée par l'électricité; le puits étant un puits d'entrée d'air desservant des couches au niveau 350 non grisouteuses, on a adopté le courant continu.

D'ailleurs la distance était faible pour les conducteurs à installer, et, dans ces conditions, l'installation par courants continus était plus simple et moins coûteuse que par courants triphasés.

L'installation est capable d'élever à 350 mètres 25 mètres cubes à l'heure, soit 500 mètres en vingt heures.

La machine à vapeur est à un seul cylindre de 64 centimètres de diamètre et de 60 centimètres de course; elle est à détente et tourne à 120 tours par minute; elle fonctionne avec 7 kilogrammes aux chaudières; elle donne donc à cette vitesse une force de 100 HP minimum.

Elle actionne la dynamo génératrice par courroie et poulie-volant.

La dynamo est tétrapolaire à excitation par dérivation; elle donne 120 ampères à 500 volts. Elle est reliée à la réceptrice par des câbles de 75 millimètres de section, et la perte en ligne est d'environ 4 1/2 p. 100.

En tenant compte des rendements des deux dynamos, la puissance disponible pour la pompe est d'environ 70 HP.

La réceptrice excitée ainsi en dérivation comporte sur son tableau de distribution avec un interrupteur général un rhéostat de démarrage permettant de mettre la réceptrice en marche sans à-coups, et un rhéostat de champ permettant de faire varier la vitesse de la dynamo en plus ou en moins de 20 p. 100.

L'arbre de la dynamo réceptrice porte une vis sans fin en acier qui commande une roue hélicoïde à denture de bronze.

L'arbre de la roue hélicoïde porte deux tourteaux manivelles commandant deux pompes; ces manivelles sont calées à 180 degrés.

La vitesse normale des pompes est de 40 coups de piston à la minute; les pompes sont à pistons plongeurs de 0 m. 15 de diamètre et 0 m. 50 de course.

La conduite de refoulement des pompes est composée de tuyaux en acier étiré ayant 10 centimètres de diamètre; avec ce diamètre et pour le débit de 25 mètres cubes à l'heure, l'augmentation de charge sera à peu près de 4 m. 50.

Les dynamos et les pompes ont été construites par la maison Couffinhal et ses fils.

Pompe électrique de la Grand'Combe.

Cette pompe (fig. 188), construite par la maison Pinette, est du type à 3 corps. Les pistons plongeurs ont 175 millimètres de diamètre et 350 millimètres de course.

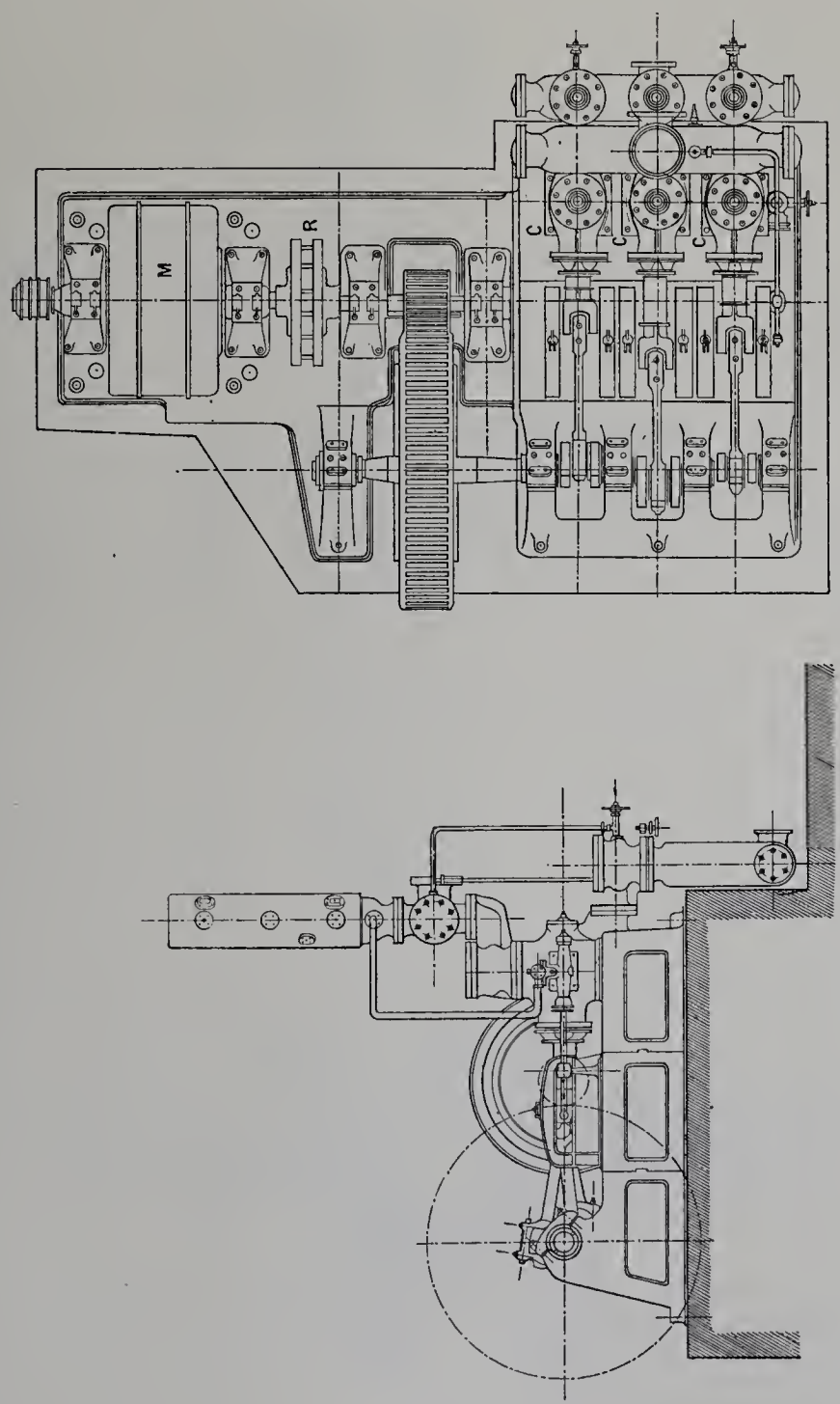


Fig. 188. — Pompe électrique Pinette des Mines de la Grand-Combe.
M. Moteur. — R. Manchon Raffard. — C. Corps de pompe.

Ils sont montés sur un arbre triplement coudé qui tourne à la vitesse de 70 tours par minute et qui est commandé par un train d'engrenages.

L'engrenage est en fonte avec denture en bois pour atténuer les phénomènes de ré-

sonance et les vibrations qui, par leur intensité, sont très désagréables dans une salle de machine souterraine. Le pignon est en fonte, taillé à la machine.

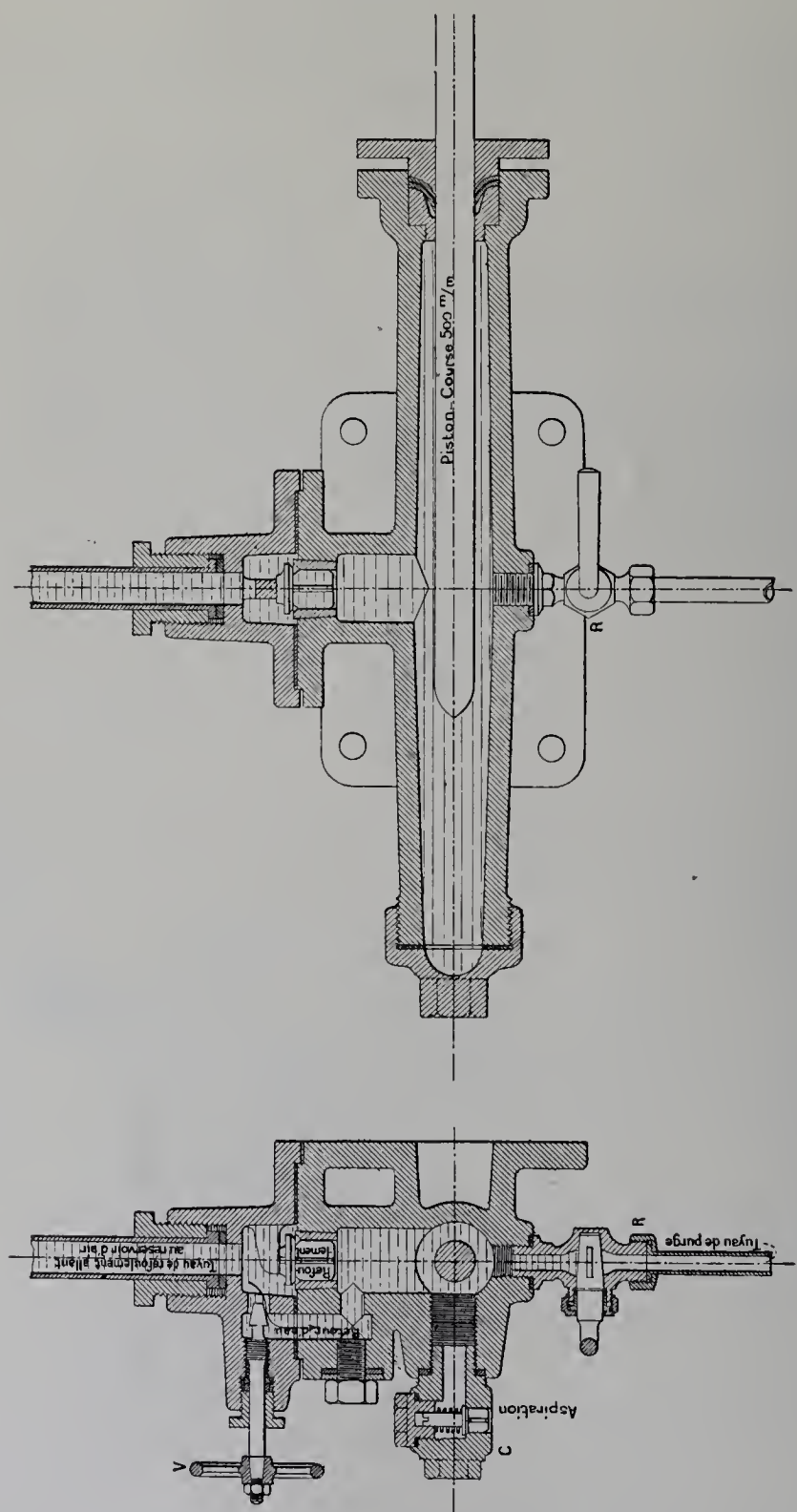


Fig. 189. — Compresseur pour l'alimentation du réservoir d'air (pompe d'épuisement Pinette).

L'arbre du pignon est dans le prolongement de l'arbre du moteur électrique, auquel il est joint par l'intermédiaire d'un manchon élastique Raffard.

Depuis 1900, ce mode de commande des pompes a été modifié dans certaines in-

stallations de la Grand'Combe, où on a reconnu l'avantage d'une transmission intermédiaire avec courroies.

Notamment sur un circuit comprenant des moteurs à démarrages souvent répétés, comme un treuil, par exemple, il se produit des chocs qui sont la perte des engrenages et par suite exposent les pompes à des arrêts dont les conséquences peuvent être fatales dans une exploitation souterraine.

Un compresseur automatique d'air placé sur le côté de la pompe assure le remplissage du réservoir de refoulement. On verra un peu plus loin, la description de cet organe. Le réservoir d'air porte un manomètre et un robinet de vidange pour la colonne.

Le moteur est capable de développer 125 HP sans échauffement anormal. Sa vitesse est de 370 tours par minute.

Le débit effectif de la pompe est de 90 mètres cubes à l'heure, la hauteur d'élévation est de 200 mètres, mais le réservoir qui alimente la pompe étant lui-même situé à un niveau supérieur à celle-ci lui fournit toujours de l'eau sous une charge d'au moins 5 mètres.

Cette pompe mise en service en novembre 1899 a donné d'excellents résultats et à certaine époque elle a marché 24 heures par jour pendant plus d'un mois, tenant tête à des venues d'eau qui avant son installation auraient fatalement arrêté l'extraction par le puits du Pétassas.

L'appareil de mise en marche du moteur électrique de cette pompe comprend :

1° Un interrupteur triple, sur la ligne qui est en communication directe avec le stator.

2° Sur le circuit du rotor, un rhéostat liquide à solution de carbonate de soude.

Ces deux appareils, dont le premier baigne dans l'huile, sont mis en action par un seul levier de manœuvre, qui commande successivement l'interrupteur, puis le rhéostat.

L'arbre du moteur porte à son extrémité un appareil spécial, qui permet après le démarrage de mettre les bagues en court-circuit et de relever les balais.

En marche normale, ce moteur absorbe 100 ampères à 600 volts. On a soin d'opérer le démarrage en vidant au préalable la colonne, mais cette mesure n'est qu'une mesure de sécurité, car le moteur est parfaitement capable de démarrer en pleine charge.

Les dimensions d'encombrement de cette pompe sont telles que, renfermée dans une chambre souterraine en plein cintre d'une largeur de 5 m. 50 et 3 m. 60 de hauteur sous clé, on peut facilement circuler tout autour de la machine et en surveiller toutes les parties pendant la marche.

Compresseur d'air automatique pour le réservoir d'air comprimé. — L'air du réservoir disparaît peu à peu tant par suite des fuites que par sa dissolution ou son entraînement dans l'eau refoulée. Pour compenser ces fuites, la maison Pinette munit ses pompes d'un petit compresseur à air, automatique, dont la figure 189 représente la disposition.

Il se compose essentiellement d'un cylindre dans lequel joue un piston plongeur animé du même mouvement que les pistons de la pompe. Le cylindre communique avec un tube qui aboutit à la base du réservoir d'air. Le tube et le cylindre sont pleins d'eau. Le tube de refoulement porte une soupape de refoulement et un canal annexe de retour d'eau dont l'orifice est réglable au moyen d'un obturateur conique actionné par un volant. Le cylindre porte latéralement un tube horizontal muni d'une soupape d'aspiration. Le piston plongeur fonctionne continuellement. Une fois le volant réglé, l'aspiration d'air et la compression de ce dernier se produisent dès que l'eau monte dans le réservoir au-dessus de l'orifice du tube de refoulement. Elles cessent dès que le niveau de l'eau baisse en dessous de cet orifice; car le compresseur se borne à aspirer et refouler l'air du réservoir sans introduction d'air extérieur.

Cette disposition automatique permet d'assurer le bon fontionnement de la pompe, en maintenant le réservoir avec la capacité d'air voulue.

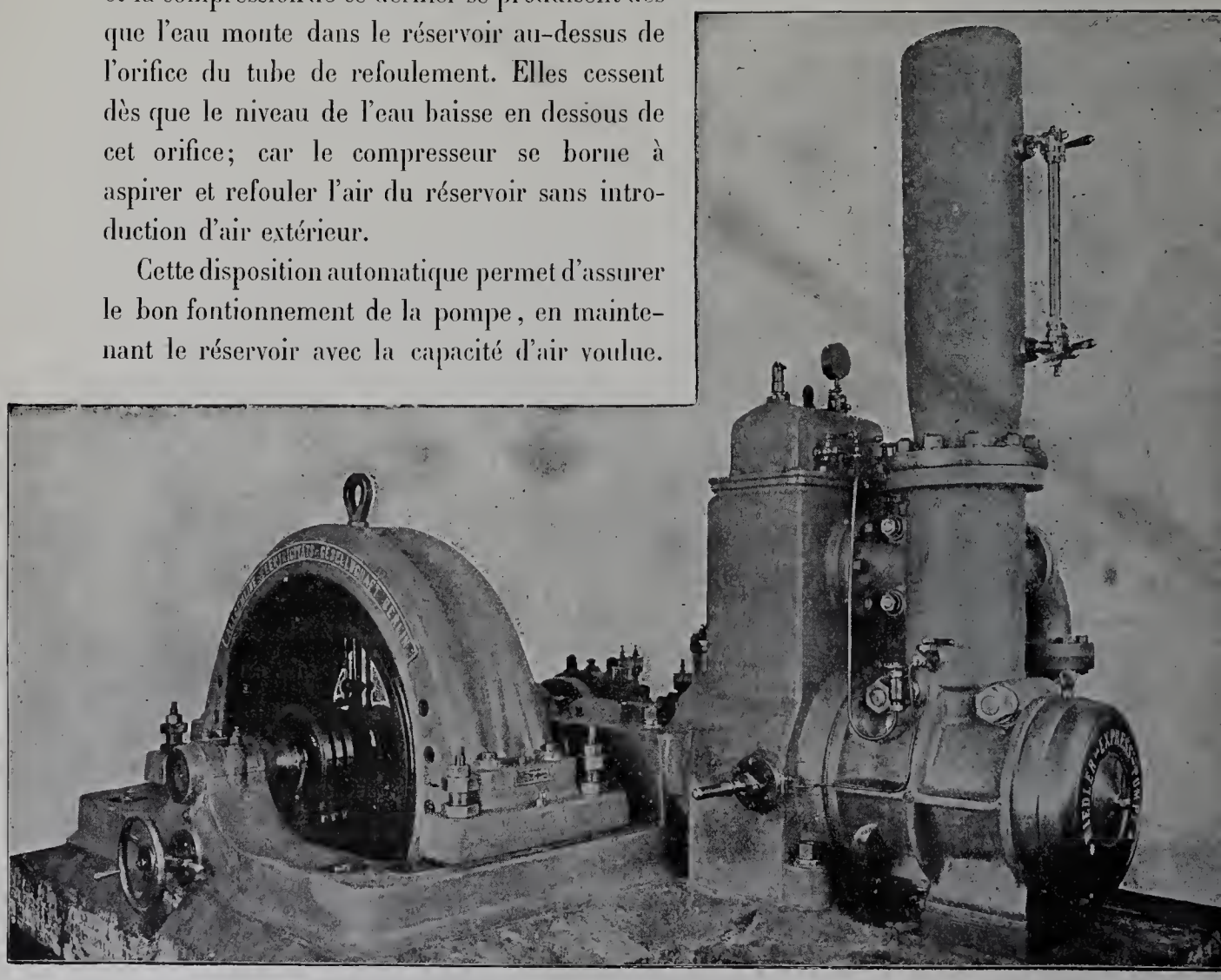


Fig. 190. — Pompe express à commande électrique directe, système Riedler. Ensemble de la pompe et de son moteur.

Pompe express Riedler.

(ALLGEMEINE ELECKTRICITÄTS GESELLSCHAFT.)

La pompe express Riedler est caractérisée par la simplicité générale de ses organes, par une disposition particulière des soupapes et par la capacité plus considérable du réservoir d'air de l'aspiration.

C'est une pompe à piston plongeur.

Le modèle exposé (fig. 190 à 193) était capable de 1 mc. 1 à 250 mètres de hauteur. Il était couplé directement sur un moteur triphasé A. E. G. de 290 tours.

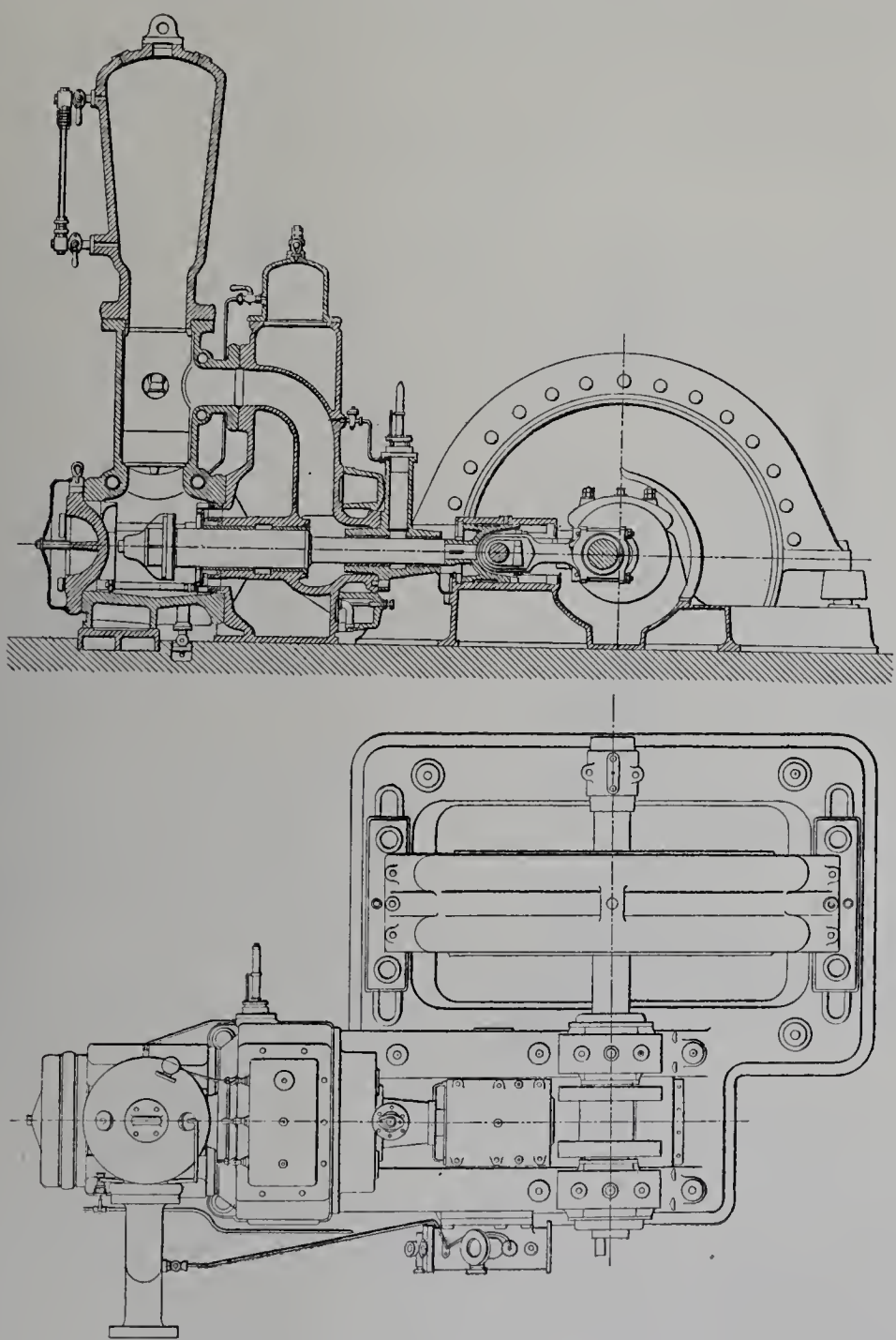


Fig. 191. — Pompe express Riedler. — Plan et coupe.

Le rendement indiqué par l'Allgemeine Elecktricitäts Gesellschaft était de 97 p. 100 pour la pompe seule et de 87 p. 100 pour le groupe entier pompe et moteur.

Le piston *p* (fig. 192), dans son mouvement inverse de celui indiqué par la flèche, produit l'aspiration du liquide qui s'écoule par la soupape *s* de la chambre d'aspiration *e*.

dans le corps de la pompe *h*. Dans son mouvement de retour, dans le sens de la flèche, le liquide refoulé passe par la soupape *r* et se rend dans le tuyau de refoulement dont l'orifice au-dessus de la soupape *r* est muni d'un réservoir à air W.

Soupapes (fig. 193). — La soupape d'aspiration S est située autour du piston *p* et se compose d'un simple anneau en métal ou en bois avec armature métallique. Le siège *t* de la soupape est maintenu à sa place par un corps muni de tiges *b* qui sert en même temps de guide pour la soupape et qui en supporte le faible poids.

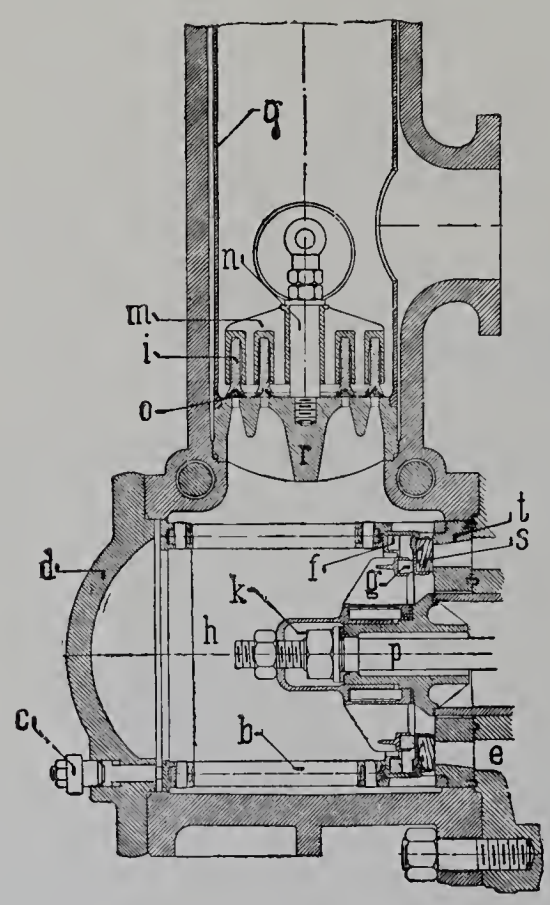


Fig. 192. — Pompe express Riedler.
Coupe générale.

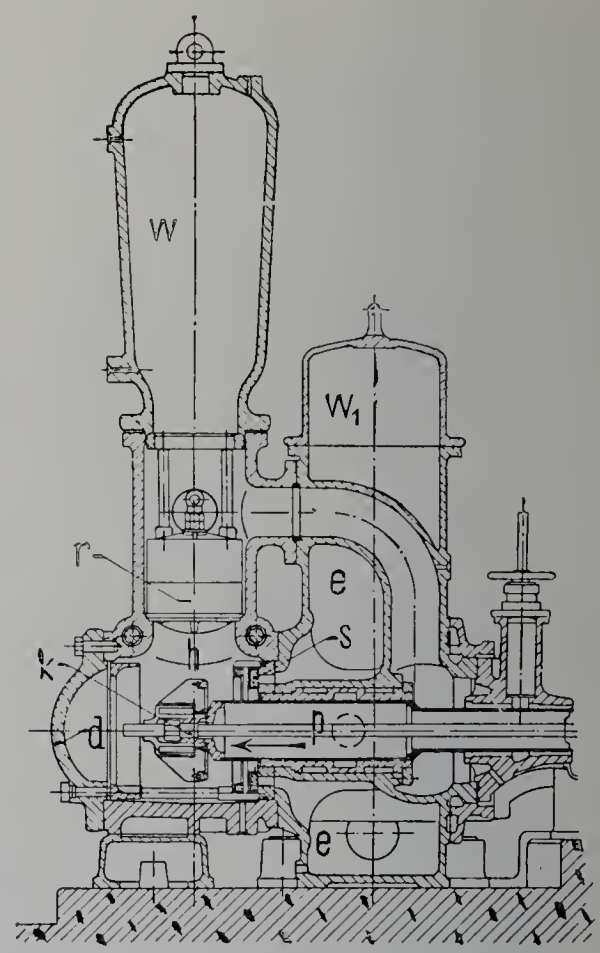


Fig. 193. — Pompe express Riedler.
Détail des soupapes.

Ce corps et le siège de la soupape sont assujettis par des boulons *c* adaptés au couvercle *d*. Le corps sert en même temps de butoir à l'ouverture de la soupape. Une bague de caoutchouc *f* rend le mouvement de cette soupape doux et silencieux.

La soupape, légère, et supportée par les guides, n'offre aucune résistance au passage de l'eau.

Elle reste ouverte jusqu'à la fin de la période d'aspiration et se trouve ensuite fermée directement par la tête du piston K exactement au point mort de la manivelle. La tête du piston est aussi munie d'un anneau de caoutchouc *g*, qui rend le travail plus doux; il sert en même temps de contact.

Le changement de la soupape se fait facilement. On ouvre le couvercle *d* à la fin du

mouvement, on retire le butoir, on enlève la tête du piston K et la soupape, étant ainsi rendue libre, peut être sortie facilement.

La soupape foulante se compose d'anneaux *o* reposant sur le siège *r*; ces anneaux sont chargés de ressorts en caoutchouc *i* fixés sur la soupape par le corps *m* et le boulon à vis *n*. La soupape est maintenue à sa place par la vis du réservoir W et un corps cylindrique intermédiaire *q*. Elle peut se retirer facilement en enlevant le réservoir et ce corps cylindrique. Au-dessus de la soupape d'aspiration S se trouve le réservoir d'aspiration W, de capacité assez grande et dans lequel le niveau d'eau est toujours au-dessus de la soupape d'aspiration, de telle sorte que l'eau du réservoir s'écoule toujours par la soupape avec une certaine pression.

L'eau qui remplit le corps de refoulement au bas du tuyau de montée remplit également le tuyau coudé *y* et la cavité *z* qui entoure le corps du piston.

Ce piston, comme le montre la figure, a un diamètre en Z inférieur à son diamètre en *p*. Cette disposition égalise le travail du piston et régularise le débit de l'eau dans la colonne montante.

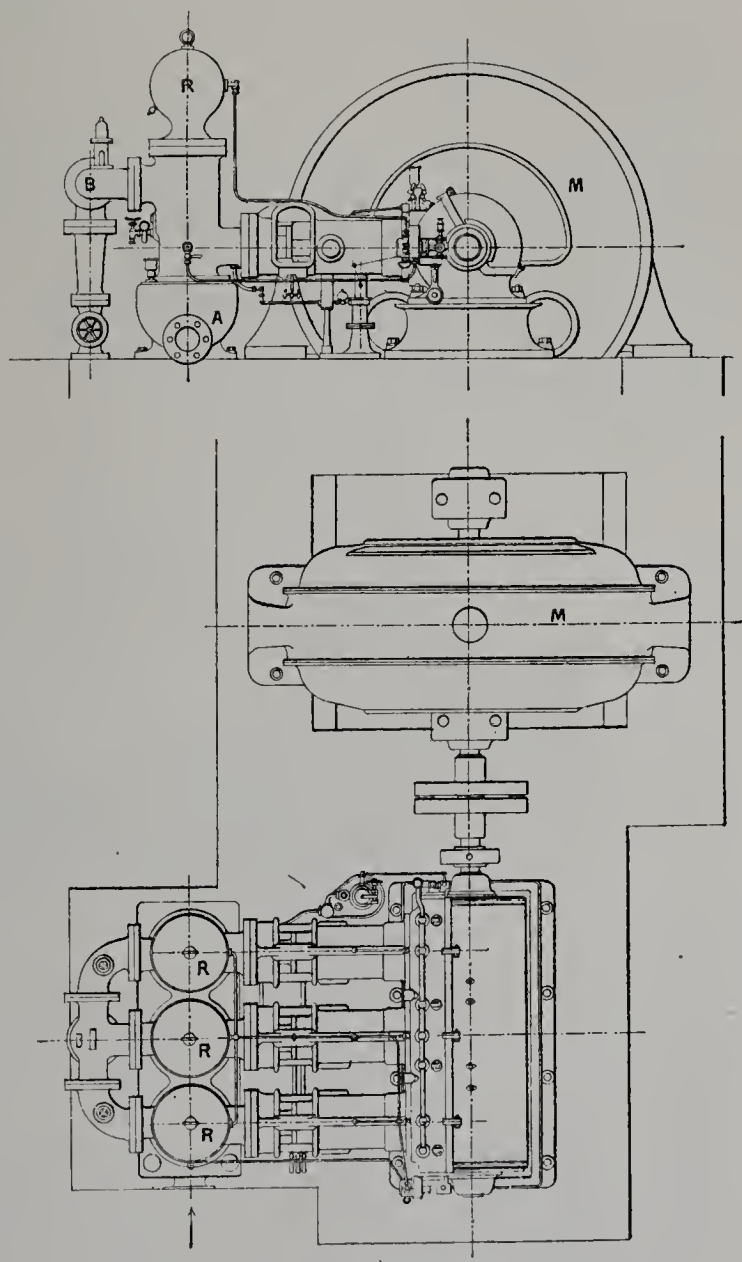


Fig. 194. — Pompe électrique triplex à commande directe, système Ehrhardt et Schmer.

Telles sont les caractéristiques générales de la pompe Riedler. Son mouvement est silencieux et régulier. Nous ajouterons qu'il est nécessaire de l'amorcer au début.

Pompe rapide Ehrhart et Sehmer.

La pompe électrique Ehrhardt et Schmer (fig. 194), de Schleifmühle près de Saarbruck, d'une construction simple, comprend trois systèmes identiques de pompes à piston plongeur à simple effet.

IMPRIMERIE NATIONALE

La coupe (fig. 195) montre nettement la constitution de la pompe et de ses soupapes.

Les plongeurs ont un diamètre de 105 millimètres et une course de 200. Ils sont commandés par un arbre à trois coudes et bielles, qui barbotent dans l'huile d'une boîte couverte.

Les quatre paliers de l'arbre moteur sont venus de fonte avec le bâti.

Le graissage se fait par de l'huile refoulée par une pompe latérale actionnée par la machine.

Une presse à graisse système Mollerup envoie l'huile nécessaire aux boîtes à étoupe par des rainures spéciales ménagées à l'arrière des boîtes.

Les pistons plongeurs P aspirent l'eau qui débouche du réservoir d'aspiration inférieur A comme aux trois pompes.

Les soupapes S et S′ en bois sont simples et robustes. Elles fonctionnent sous l'action de l'eau et de la pesanteur.

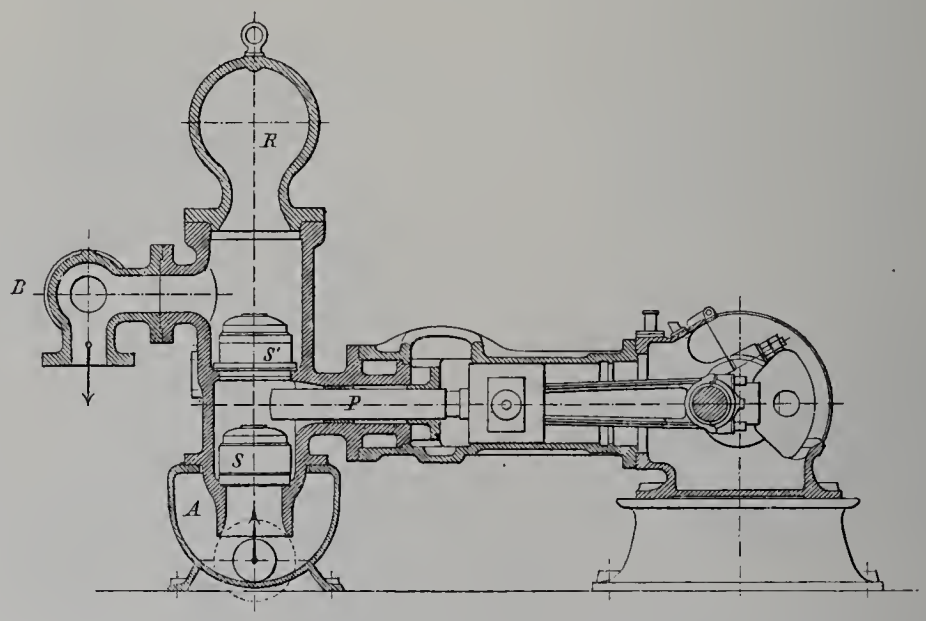


Fig. 195. — Pompe électrique. — Commande directe Ehrhardt et Sehmer.

Chacune des trois pompes possède un corps de pompe distinct placé au-dessus du réservoir d'aspiration commun. Ces corps de pompe sont surmontés de réservoirs de refoulement R renfermant de l'air à leur partie supérieure.

L'eau amenée par les conduits de refoulement se réunit dans un tuyau de sortie unique B. Le mouvement est régulier ainsi que le débit.

Les réparations des soupapes se font assez facilement, leurs organes étant accessibles et simples.

Cette pompe triple débite 1,000 à 1,250 litres à la minute à 250 ou 300 mètres de hauteur. Elle tourne à 200 ou 250 tours. La maison Ehrhardt indique la possibilité de marcher à 300 tours. Le rendement volumétrique moyen serait de 94 p. 100.

Son encombrement est relativement faible, mais supérieur toutefois à celui de la pompe Riedler.

CHAPITRE VIII.

COMPRESSEURS D'AIR.

Un certain nombre de modèles intéressants de compresseurs d'air ont figuré à l'Exposition. Ils font ressortir des progrès notables qui sont à signaler. Les constructeurs ont compris l'importance de la question de l'air comprimé dans les mines. Avant le développement des installations électriques, ce mode de transport de l'énergie à l'intérieur a été souvent pour elles le seul possible et le seul commode. Aujourd'hui encore il est de nombreux cas où l'énergie électrique doit lui céder le pas. Malheureusement l'air comprimé possède comme agent moteur un certain nombre de défauts dont le principal est le faible rendement de la transmission entre la machine génératrice et le moteur.

C'est à l'amélioration et aux perfectionnements des compresseurs que les constructeurs se sont attachés pour arriver à obtenir ce rendement meilleur et rendre par là les applications de l'air comprimé plus économiques.

On verra dans cette étude les dispositifs nouveaux employés dans ce but; ils varient d'un type à l'autre, mais il en est qui se rencontrent dans presque toutes les machines, en particulier dans les machines américaines, et qui constituent les points importants des compresseurs récents. Ces caractéristiques générales sont les suivantes :

1° Compoundage du moteur à vapeur et compoundage des cylindres à air. La combinaison de ces deux compoundages permet d'obtenir un rendement meilleur en économisant d'une part la vapeur, et en opérant une compression plus effective d'autre part par la compression étagée séparée par un refroidisseur intermédiaire très actif.

2° Suppression de l'injection d'eau à l'intérieur des cylindres à air, et son remplacement par une circulation d'eau froide dans des chambres spéciales ou « water-jackets » entourant les parois et les têtes de ces cylindres. Cette disposition a l'avantage de fournir de l'air comprimé sec et d'éviter les inconvénients de la purge de l'eau d'injection, des dépôts minéraux que cette eau produit souvent dans le cylindre et de l'entraînement de cette eau par l'air dans la tuyauterie. L'adjonction du réfrigérateur intermédiaire permet de plus de condenser la vapeur d'eau que contiendrait encore l'air sortant du premier cylindre (BP) avant son admission dans le second cylindre (HP).

En plus de ces deux points importants à signaler, on verra dans les études qui suivront les nombreux perfectionnements de détail qui ont été réalisés pour l'admission de l'air, les soupapes, les tiroirs, les régulateurs, etc.

Compresseur d'air type « Ingersoll-Sergeant ».

Nous nous bornerons à étudier les deux types exposés par la Compagnie Ingersoll, qui contiennent d'ailleurs les caractères topiques que l'on retrouve sans grande modification dans les autres.

1° *Compresseur horizontal Compound Corliss.* — Cette machine à marche économique donne un bon rendement. Elle est compound pour la vapeur et pour l'air.

Les caractéristiques sont les suivantes :

Diamètre des cylindres	à vapeur	HP	$0^{m}271$
		BH	$0^{m}463$
	à air	BP	$0^{m}419$
		HP	$0^{m}264$
Course			$0^{m}770$
Nombre de tours par minute			90
Vitesse du piston par minute			$139^{m}50$
Capacité (air, pression atmosphérique)		par minute	$18^{m3}48$
		par révolution	$0^{m3}205$
Pression de l'air			$0^{kil}600$
Puissance du moteur			97 HP.
Réfrigérateur intermédiaire		diamètre	$0^{m}770$
		longueur	$2^{m}480$
Diamètre du volant			$2^{m}79$

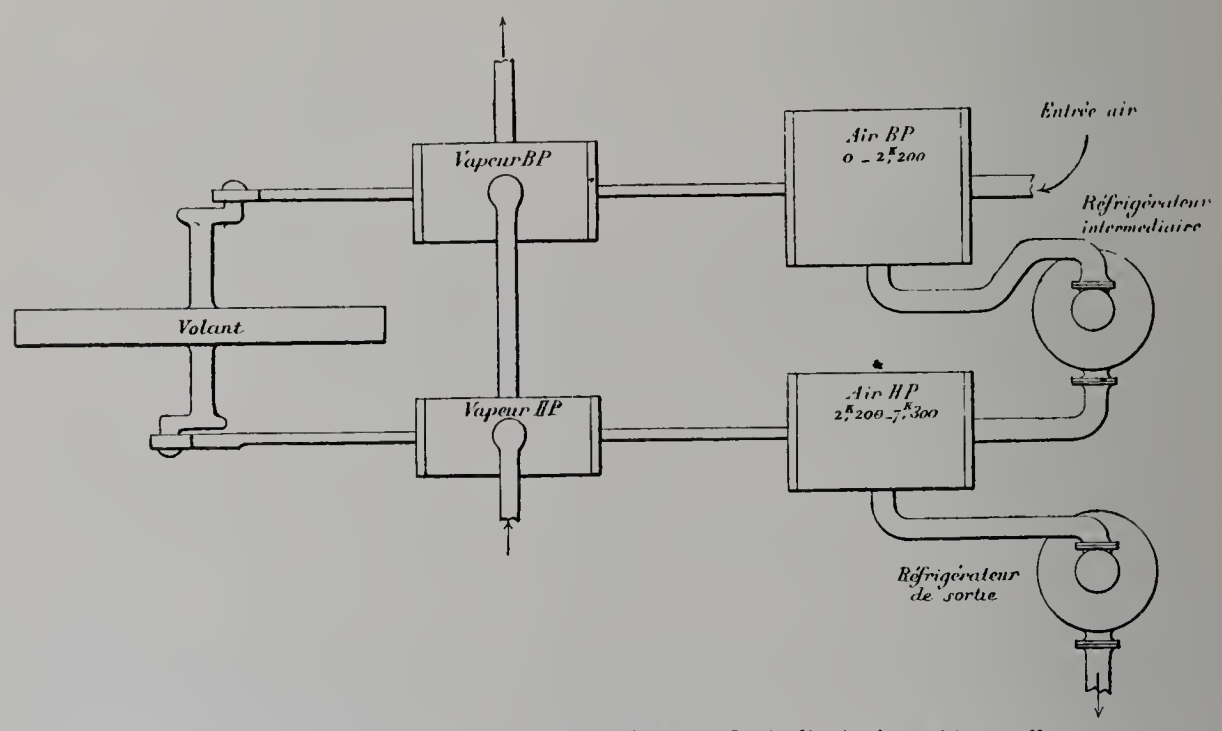


Fig. 196. — Schéma du compresseur d'air «Compound» Corliss horizontal Ingersoll.

L'air est comprimé dans le premier cylindre à 2 kilogr. 200. Il passe ensuite dans le réfrigérateur intermédiaire où il abandonne la chaleur produite par la première compression. Il est alors admis dans le cylindre à haute pression qui le comprime alors à 7 kilogr. 300, sans que la température de l'air dépasse alors 92 à 120 degrés. Ce système donne un air plus sec, car une grande partie de l'humidité se condense dans le réfrigérateur intermédiaire. L'air à 7 kilogr. 300 passe de nouveau dans un réfrigérateur de sortie, d'où il sort dans la tuyauterie générale.

La disposition générale (fig. 196) comprend deux bâtis parallèles sur lesquels sont

montés les cylindres à vapeur et ceux à air, en tandem deux à deux, haute pression sur un bâti, basse pression sur l'autre. Entre les deux se trouve le volant sur lequel agissent directement les tiges des pistons à vapeur.

Les cylindres à air, placés aux extrémités des bâtis, sont réunis par le réfrigérateur intermédiaire.

Ils présentent les particularités suivantes : admission par le piston, aucune injection d'eau intérieure, refroidissement par le corps du cylindre et les têtes; régulateur de pression avec mécanisme de décharge.

Ce sont des points que nous étudierons plus loin en détail.

2° *Compresseurs « en ligne droite »* (*Straight Line*). — Ce type de compresseur présente une forme compacte et réduite qui peut rendre dans certains cas de grands services.

Il se compose (fig. 197) d'un seul bâti portant les deux cylindres et les volants.

Le cylindre à vapeur est situé à une extrémité du bâti et le cylindre à air à l'autre

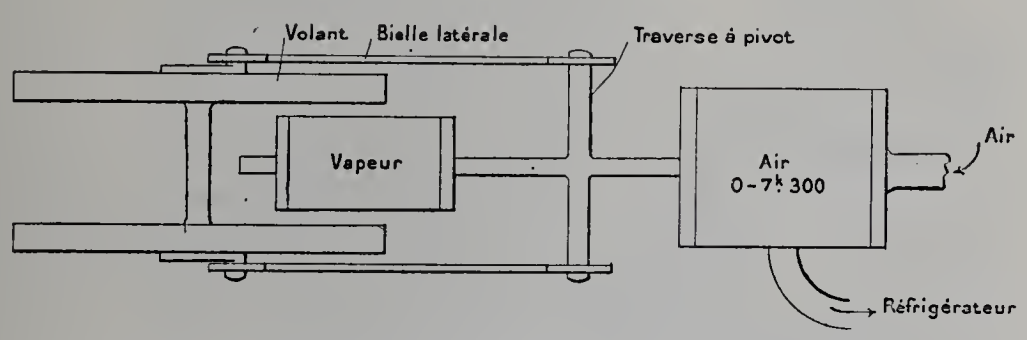


Fig. 197. — Compresseur d'air rectiligne Ingersoll Sergeant (schéma).

extrémité. Les deux pistons ont une tige commune qui porte entre les deux cylindres une traverse à pivot qui agit par deux bielles latérales sur les manivelles de deux volants placés de part et d'autre du cylindre à vapeur.

Toutes les pièces sont d'un accès facile. Le bâti est formé par des longrines renforcées et solidement entretoisées. Ce compresseur (fig. 198) comprime directement l'air à 7 kilogr. 300. Il comporte l'admission par le piston, la circulation d'eau autour du cylindre et dans les têtes, le réfrigérateur, le régulateur automatique de pression et de vitesse, le graissage automatique de toutes les pièces, etc.

Les caractéristiques du type exposé étaient les suivantes :

Diamètres des cylindres	à vapeur	$0^{m}361$
	à air	$0^{m}367$
Course		$0^{m}460$
Nombre de révolutions par minute		120
Vitesse du piston en mètres par minute		$111^{m}60$
Capacité en mètres cubes d'air à la pression atmosphérique	par minute	$11^{m3}46$
	par révolution	$0^{m3}096$
Pression de l'air		$7^{kil}300$
Force en chevaux-vapeur		76 HP.
Poids approximatif (complet)		$5^{t}080$

Cette disposition « en ligne droite » permet de placer sur une même ligne la résistance et la force motrice. Elle peut s'appliquer naturellement à la compression à plu-

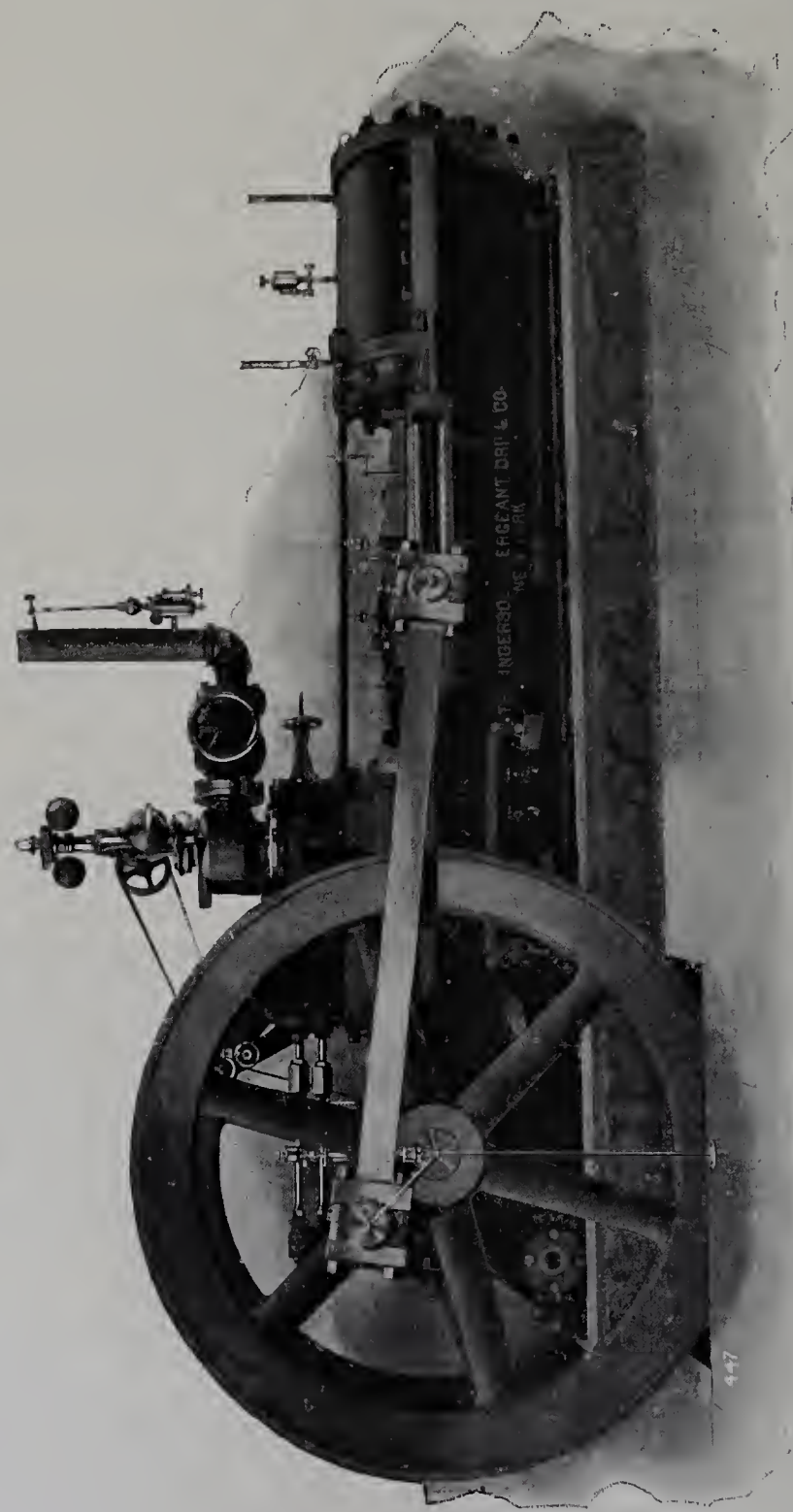


Fig. 198. — Compresseur d'air rectiligne (straight-line) système Ingersoll-Sergeant.

sieurs relais en disposant les cylindres à air sur le même bâti et la même tige de piston en prolongement les uns des autres.

Nous allons voir en détail l'organisation des diverses particularités que nous avons signalées.

Réfrigérateur intermédiaire. — Le réfrigérateur Ingersoll (fig. 199) se compose d'un réservoir en tôle d'acier portant à sa partie supérieure un large tube ouvert à son extrémité inférieure. Ce tube est fermé à sa partie supérieure par un solide diaphragme surmonté d'une calotte. Dans l'intérieur du réservoir son extrémité inférieure est fermée par un diaphragme et une calotte semblables. Les deux diaphragmes sont réunis par un faisceau de tubes de laiton étamé de faible diamètre destinés à la circulation d'eau froide. Le diaphragme intérieur est de plus relié à l'extérieur du réservoir par un tube solide en fer. L'eau arrive par la calotte supérieure, remplit la calotte, passe par le faisceau de tubes de laiton et sort par la calotte inférieure et son tuyau d'échappement. L'air au contraire arrive dans la tête du large tube intérieur, descend le long du faisceau où il se refroidit, puis remonte dans le réservoir et sort par l'orifice supérieur.

Le réservoir est de plus muni d'un trou d'homme, d'un orifice de déchargement et d'une soupape de sûreté à sifflet.

Le faisceau de tubes peut s'enlever facilement pour le nettoyage.

Ce type de réfrigérateur peut se faire vertical ou horizontal. Il peut servir de réfrigérateur intermédiaire ou de sortie.

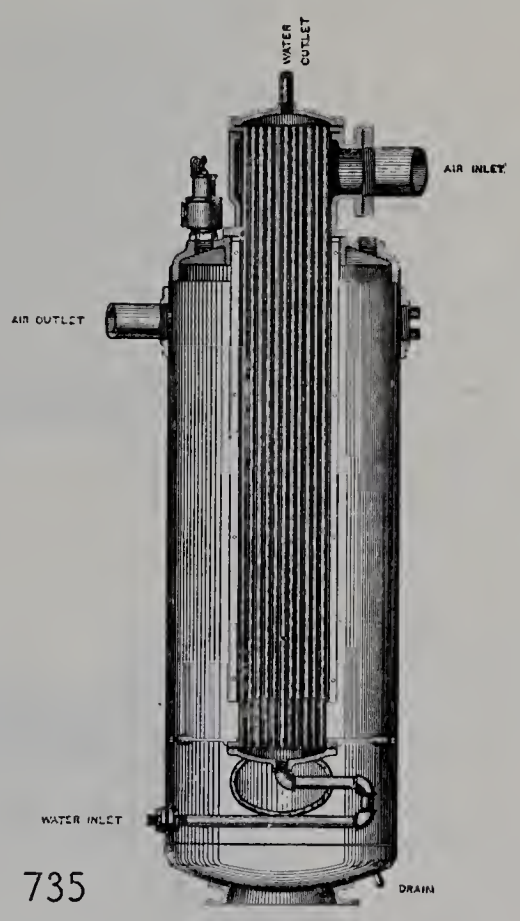


Fig. 199. — Réfrigérateur intermédiaire des compresseurs Ingersoll-Sergeant.

Admission par le piston. — Le dispositif d'admission par la tige du piston (fig. 200) permet de disposer de la plus grande partie du corps de cylindre pour le refroidissement; de plus le courant d'air admis dans ce tube est constant et l'admission dans le corps de cylindre se fait tour à tour par les deux faces du piston sans briser le courant d'air admis. L'espace nuisible est réduit au minimum.

La figure annexée montre la disposition générale du cylindre à air et de son piston. On voit que le corps et les têtes du cylindre sont largement baignés par l'eau de circulation entrant en A, circulant en J et sortant en C.

L'air entre en E par la tige creuse et se rend dans la chambre K intérieure au piston Cette chambre communique avec le cylindre par deux soupapes circulaires G.

Ces soupapes d'admission sont constituées par des anneaux métalliques dont les rebords viennent s'appliquer sur les sièges portés par la surface extérieure du piston. Le mouvement de ces soupapes est guidé par des goujons métalliques entrant dans des œillets portés par l'anneau cylindrique des soupapes. Le piston est consolidé par des cloisons L.

Le fonctionnement des soupapes est automatique et se fait par la simple action de l'air, il est très sensible et le passage de l'air se fait sans résistance nuisible par la large

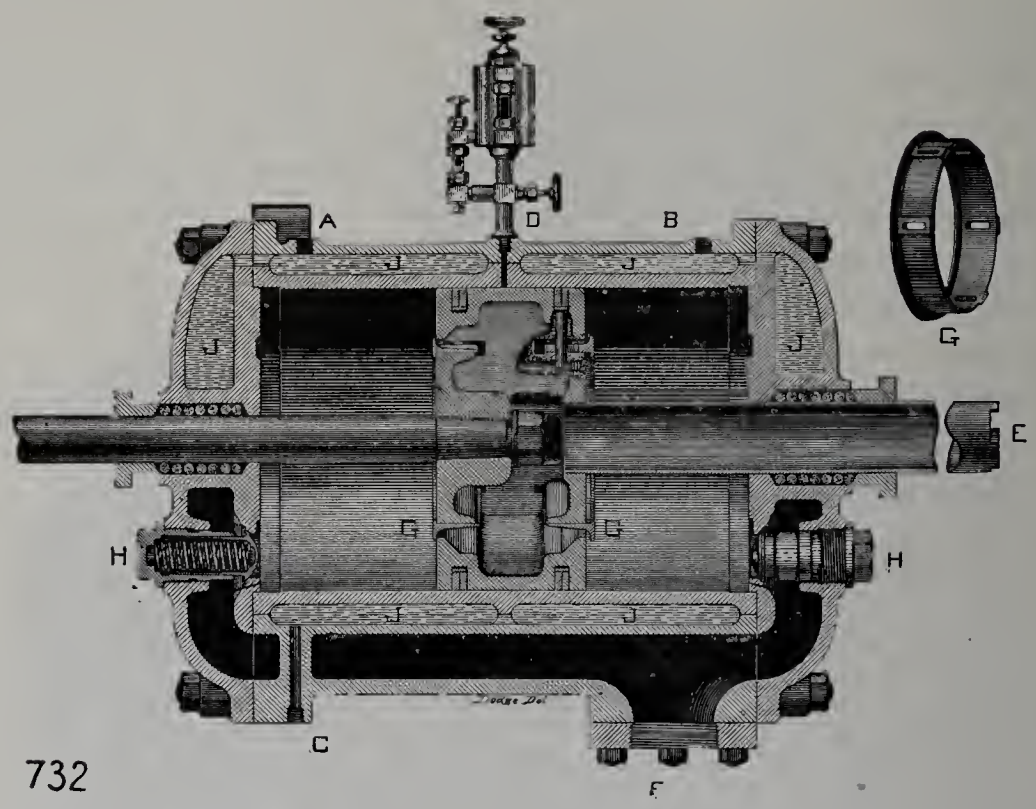


Fig. 200. — Cylindre des compresseurs d'air Ingersoll avec admission par le piston.

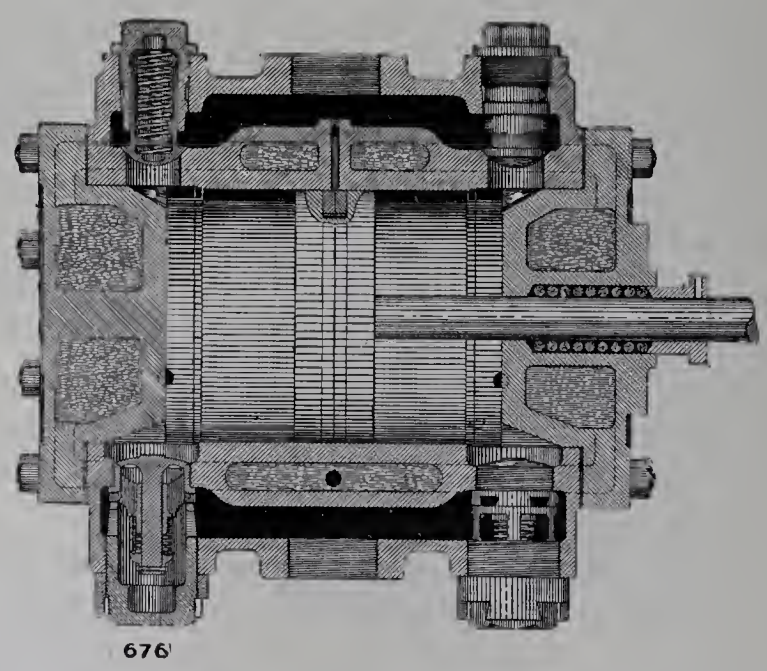


Fig. 201. — Cylindre des compresseurs d'air Ingersoll avec admission d'air par soupapes sur le cylindre.

ouverture de cette soupape. L'échappement se fait par des soupapes à ressort H, et le graissage intérieur est obtenu par un godet à huile automatique D.

Dans le cas où l'admission ne peut pas se faire par le piston, on emploie alors des

soupapes à ressorts à faible résistance à l'admission comme à l'expulsion de l'air. La figure 201 montre la disposition adoptée. Les soupapes d'admission sont saillantes et équilibrées. Elles sont disposées dans le corps du cylindre à la partie inférieure. Cette disposition permet l'équilibrage de la soupape et l'évacuation de l'huile intérieure qui rend en même temps le joint de la soupape plus étanche.

Cette huile tombe dans un logement situé en dessous de la soupape, ce qui empêche tout encrassement.

Régulateur de pression. — Ce régulateur est destiné à parer aux temps d'arrêt qui se produisent dans le fonctionnement des machines desservies par la canalisation d'air comprimé.

Aussitôt qu'un arrêt de cette sorte se produit, la pression montant de suite, une disposition particulière de soupape équilibrée par un poids déterminé produit une communication entre les deux extrémités du cylindre à air; l'équilibre de pression se produit entre les deux faces du piston et celui-ci déplace simplement l'air contenu dans le cylindre, qui passe d'un côté à l'autre sans pénétrer dans la conduite. De plus, dès que le passage de communication s'ouvre à l'air, une partie de cet air est admise dans un tuyau aboutissant à l'admission de vapeur sur laquelle elle agit au moyen d'un piston convenablement disposé (ou par tout autre système analogue suivant le type de la machine); l'admission de vapeur diminue alors automatiquement de façon à n'admettre juste que la vapeur nécessaire au mouvement du piston qui, ne comprimant plus l'air, absorbe très peu de force motrice.

Dès que la consommation d'air se rétablit, la pression de la conduite diminue, le passage de communication des deux têtes du cylindre se ferme, l'admission de vapeur s'ouvre et le compresseur fonctionne de nouveau normalement. Le régulateur est automatique et fonctionne pour une augmentation de pression de 100 ou 200 grammes au-dessus du taux voulu.

Telles sont les particularités intéressantes à signaler dans ces types de compresseurs.

Compresseurs d'air Rand Drill C°.

Les compresseurs d'air présentés par la maison Rand Drill sont d'une construction soignée. Les types sont les plus divers; mais nous ne parlerons que des plus importants qui sont les compresseurs compound et les « straight-line » ou compresseurs « en ligne droite », plus robustes et plus compacts.

Nous allons donner la description générale de ces deux types et nous reviendrons ensuite sur les organes particulièrement intéressants qui les caractérisent.

Compresseurs Compounds. — Ces compresseurs se composent de deux cylindres à vapeur et de deux cylindres à air. Ils peuvent être compounds pour l'air et la vapeur ou pour l'un des deux seulement, les deux autres cylindres étant simplement « duplex ». La maison construit aussi des compresseurs « duplex » pour l'air et la vapeur.

La figure 202 représente l'ensemble d'un compresseur à air compound pour l'air

et la vapeur. Les deux cylindres à basse pression sont attelés en tandem ainsi que les deux cylindres à haute pression. Entre les deux cylindres à vapeur est placé le volant. L'air venu de l'extérieur est comprimé dans le cylindre à basse pression. Il passe en-

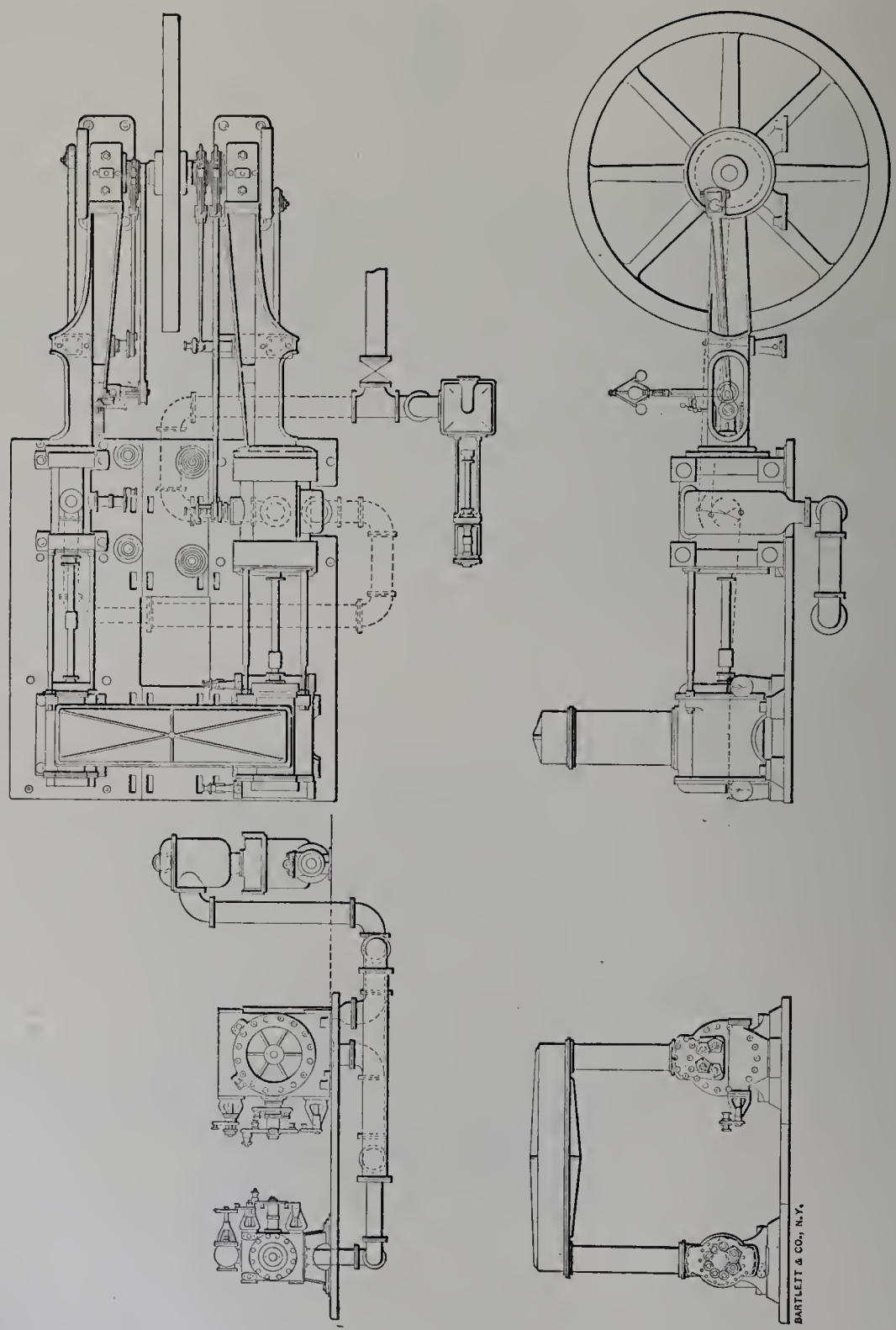


Fig. 202. — Compresseur d'air système Rand Drill Cᵉ. Compound Corliss (air et vapeur).

suite dans un réfrigérateur intermédiaire (« intercooler ») placé entre les deux cylindres à air, qui absorbe la chaleur dégagée par la compression, et renvoie l'air refroidi convenablement au cylindre à haute pression.

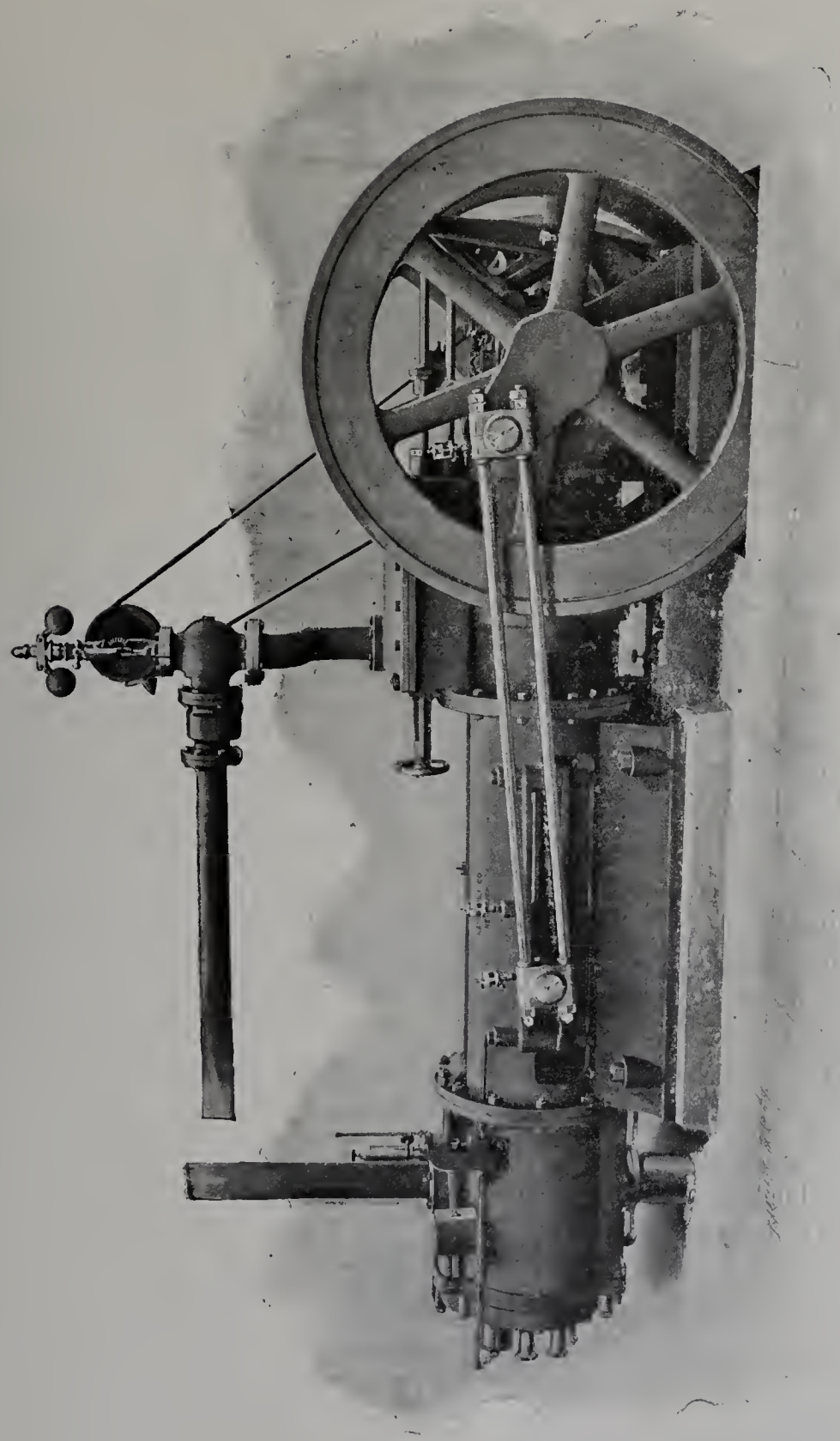


Fig. 203. — Compresseur d'air Rand Drill C°. Système rectiligne ou «straight-line».

Les cylindres à air sont munis de soupapes à poupées libres ou de soupapes mues automatiquement (à poupée ou Corliss), suivant le type du compresseur. Ils sont entourés de «water-jackets» ou chambres à eau qui permettent le refroidissement de leurs

parois. Ces chambres à eau sont munies d'orifices d'évacuation pour les impuretés que pourraient déposer les eaux en circulation; il n'y a donc pas d'injection d'eau dans les cylindres pour le refroidissement de l'air en compression.

Ces compresseurs possèdent un régulateur à air relié au régulateur de vitesse de la machine et qui permet de régler la consommation de vapeur suivant le débit demandé au compresseur.

Les cylindres à vapeur sont reliés par le receiver et sont munis des organes ordinaires (soupapes Corliss). Voici les caractéristiques d'un de ces compresseurs, donnant de l'air comprimé à la pression de 100 livres par pouce carré, soit 7 kilogrammes :

Diamètre des cylindres	à vapeur	HP	$0^{m}508$
		BP	$0^{m}965$
	à air	HP	$0^{m}508$
		BP	$0^{m}812$
Longueur de course			$1^{m}219$
Nombre de tours par minute			70
Cube d'air libre appelé par minute			$87^{m^3}60$
Puissance indiquée			475 HP.

Compresseurs « straight-line » ou « rectilignes ». — Ce type particulier (fig. 203 et 204) comporte la même disposition générale que celui de la maison Ingersoll, auquel nous renvoyons le lecteur pour le schéma.

Ce modèle est très compact et d'une installation facile. Il est susceptible d'être démonté et transporté sans difficultés, ce qui peut rendre de grands services dans certains cas.

Les cylindres font partie du bâti général, dont les diverses pièces une fois réunies forment un tout rigide auquel on adapte les deux volants, et qui demande des fondations très simples. La figure annexée montre la décomposition du bâti général en ses diverses pièces.

Les grands modèles de ce type comportent des soupapes Meyer.

Ces compresseurs sont munis d'un dispositif de sécurité destiné à remplacer le régulateur à air des compresseurs compounds. Ce dispositif, lorsque l'air du réservoir atteint sa première limite, établit une communication entre les deux faces du piston compresseur, qui se déplace alors sans comprimer d'air. Le régulateur de la machine à vapeur entre alors en jeu et diminue en conséquence l'admission de vapeur.

Voici les caractéristiques d'un compresseur de ce genre comprimant l'air à 100 livres par pouce carré, soit 7 kilogrammes par centimètre carré.

Diamètre des cylindres	à vapeur	$0^{m}508$
	à air	$0^{m}508$
Course		$0^{m}761$
Tours par minute		87
Cube d'air libre aspiré par minute		$26^{m^3}600$
Puissance indiquée		200 HP.

Nous allons donner maintenant quelques renseignements sur les organes principaux de ces compresseurs.

Soupapes à air. — La soupape adoptée dans presque tous les types de ces compresseurs est la soupape à poupée, qui convient particulièrement bien pour l'échappement. Les soupapes d'admission sont en acier et possèdent des sièges amovibles en bronze; une plaque de garde en acier empêche la chute accidentelle des soupapes à l'intérieur du cylindre. Les soupapes d'échappement sont en bronze ou en acier; elles sont munies d'une butée qui limite leur course à l'ouverture.

Pour éviter les claquements qui se produisent dans ces soupapes, on a été amené à réduire leur jeu et, l'ouverture d'admission étant par cela même diminuée, on a été dans la nécessité d'augmenter de beaucoup leur nombre.

Cet inconvénient n'existe pas dans les soupapes mues mécaniquement, comme le représente la figure 205. Ces soupapes sont maintenues sur leur siège par un ressort gouverné par des traverses fixées sur des tiges à coulisse commandées par la machine. Le mécanisme est réglé de telle sorte que les resssorts sont en compression et appliquent les soupapes sur leur siège tant que celles-ci ne sont pas appelées à fonctionner. En temps voulu, chaque soupape s'ouvre et reste ouverte sans claquer, pendant toute la durée de la course du piston, les ressorts ayant été débandés par le mécanisme; puis à la fin de la course les soupapes se referment, poussées par les ressorts de nouveau comprimés.

Comme ouverture utile, une de ces soupapes à commande mécanique équivaut à quatre soupapes à poupées libres. Si le mécanisme de commande vient à se déranger, elles continuent à fonctionner comme des soupapes ordinaires.

Enfin les grands modèles de compresseurs, et particulièrement ceux qui ont des cylindres à vapeur Corliss, sont munis de cylindres à air, de soupapes d'admission commandées à double portée, analogues comme disposition et fonctionnement aux soupapes à vapeur Corliss (fig. 206). Tant que la pression finale ne dépasse pas 3 kilogrammes, ce type peut servir aussi comme sou-

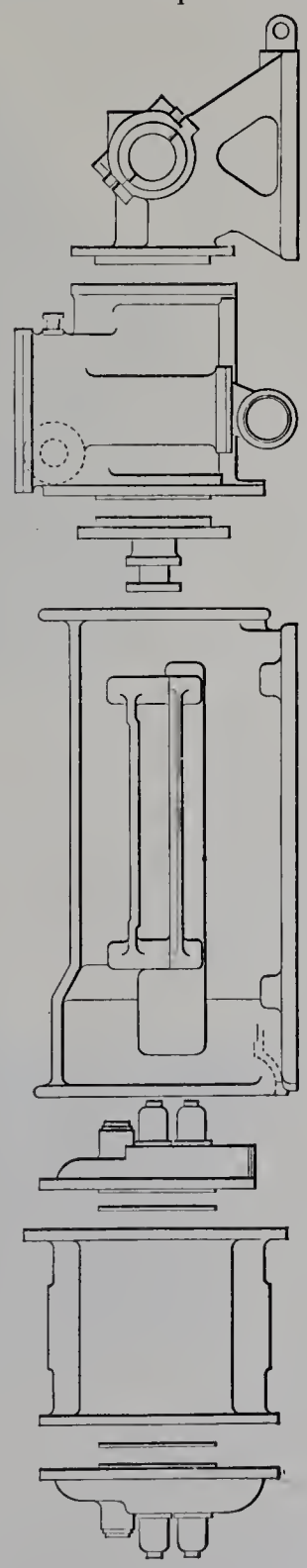


Fig. 204. — Compresseur d'air rectiligne Rand Drill C°. — Détail des pièces du bâti.

pape d'échappement. Au-dessus de 3 kilogrammes ce type ne convient plus à l'échappement, d'abord parce que la soupape Corliss peut produire des espaces nuisibles trop

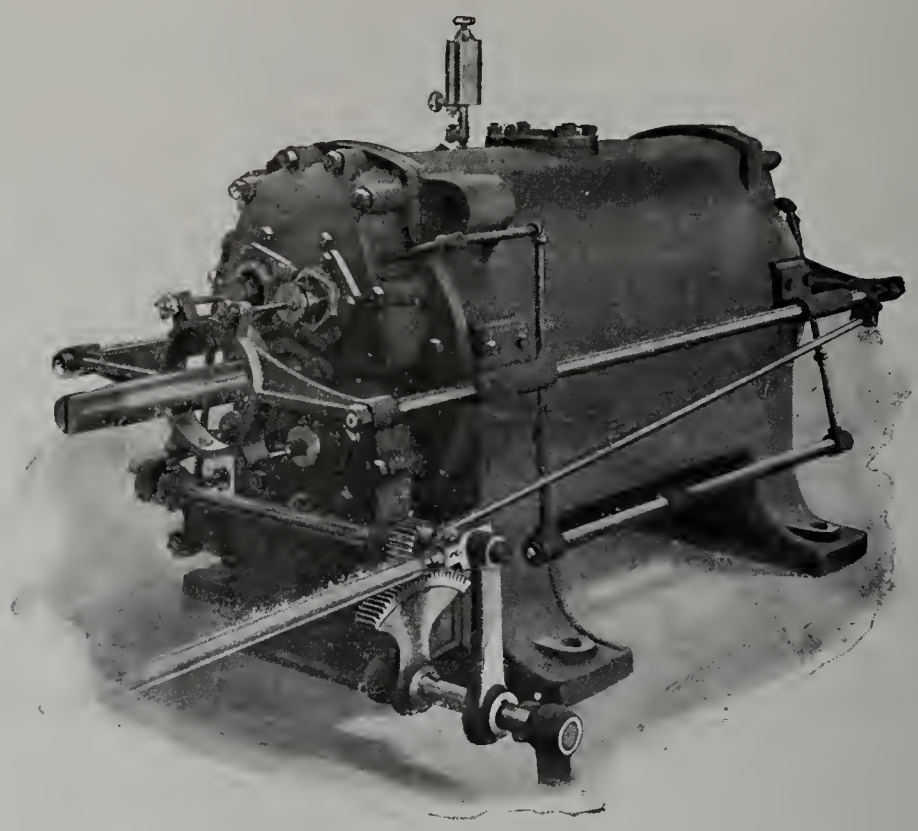


Fig. 205. — Soupapes à poupées commandées mécaniquement. (Compresseurs Rand Drill C°.)

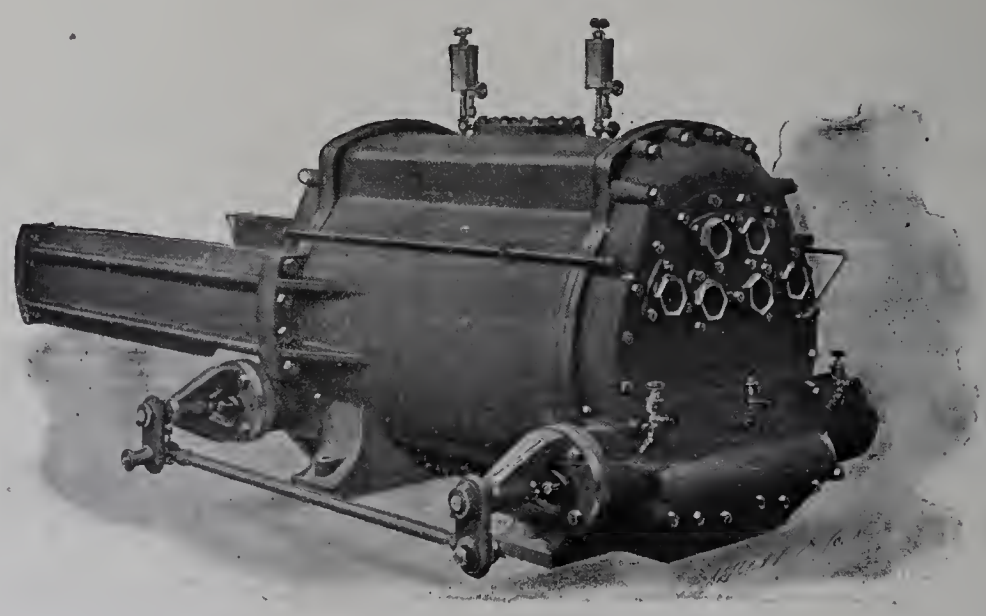


Fig. 206. — Cylindre de compresseur Rand Drill montrant la disposition des soupapes à poupées libres et les soupapes Corliss.

considérables, et ensuite parce que l'ouverture de ces soupapes se fait automatiquement au même moment, quelle que soit la pression du receiver *a*. Comme cette pression varie très souvent, il est nécessaire que la soupape d'échappement ne fonctionne que

lorsque la pression intérieure du cylindre est supérieure à celle du receiver. La soupape Corliss ne tenant pas compte de ces variations produit un échappement ou tardif ou prématuré et par conséquent entraîne des pertes d'énergie.

En général les compresseurs Rand Corliss sont munis, sur les cylindres à basse pression, de soupapes d'admission Corliss et de soupapes d'échappement à poupée. Les cylindres à haute pression sont tous munis de ces dernières soupapes.

Réfrigérateur intermédiaire (intercooler). — Le réfrigérateur intermédiaire Rand est placé transversalement au-dessus des deux cylindres à air. Il se compose de deux corps rectangulaires en fonte, verticaux, réunis par un corps horizontal semblable. A l'intérieur de ces enveloppes sont placés des tubes en fer, bronze ou cuivre, dans lesquels circule l'air d'un cylindre à l'autre. Les enveloppes sont remplies d'eau froide qui entoure ainsi les tubes et absorbe la chaleur de l'air qui les traverse. Ces tubes sont faits en trois pièces et peuvent prendre librement toutes les dilatations sans danger. La partie supérieure de l'enveloppe peut s'enlever et permettre ainsi l'accès aux tubes pour les réparations ou le nettoyage.

L'eau de circulation du réfrigérateur traverse également les enveloppes des cylindres. Ces enveloppes permettent le contact de l'eau sur le cylindre et ses deux têtes et entourent les soupapes. Dans le cas où l'eau de circulation contient des impuretés et des sels en excès (carbonates ou sulfates), ces enveloppes sont faites en forme de boîtes rectangulaires, dont un des côtés peut s'enlever pour permettre le nettoyage intérieur et l'enlèvement des dépôts.

Régulateur à air. — Le régulateur à air dont sont munis les compresseurs compounds se compose d'une soupape dont la figure 207 représente une disposition. Lorsque l'utilisation de l'air comprimé diminue et que par conséquent la pression dans le réservoir vient à augmenter, l'air comprimé admis sous la soupape dont le contrepoids est réglé à cet effet la soulève et produit, par une commande directe ou par leviers, la fermeture plus ou moins complète de l'admission de vapeur.

Dispositif de décharge. — Dans les compresseurs d'un autre modèle, et en particulier ceux qui sont mus par courroie, le cylindre à air est muni d'un dispositif empêchant la pression de l'air de dépasser une limite déterminée dans le réservoir.

Lorsque la pression dépasse la limite fixée, une soupape à contrepoids entre en jeu et produit l'ouverture stable des soupapes d'échappement. L'air du réservoir passe donc de chaque côté du piston, ce qui empêche l'ouverture de l'admission; le piston se meut alors sans produire de travail. La vitesse augmente par suite et entraîne le fonctionnement du régulateur de la machine à vapeur et par suite la fermeture partielle de l'admission.

Compresseurs d'air Pinette, système Weiss.

Les compresseurs Pinette, dont un type était exposé, produisent la compression à sec; les cylindres sont munis d'une enveloppe dans laquelle circule un courant d'eau froide, tant dans les parois latérales que dans les têtes de cylindre.

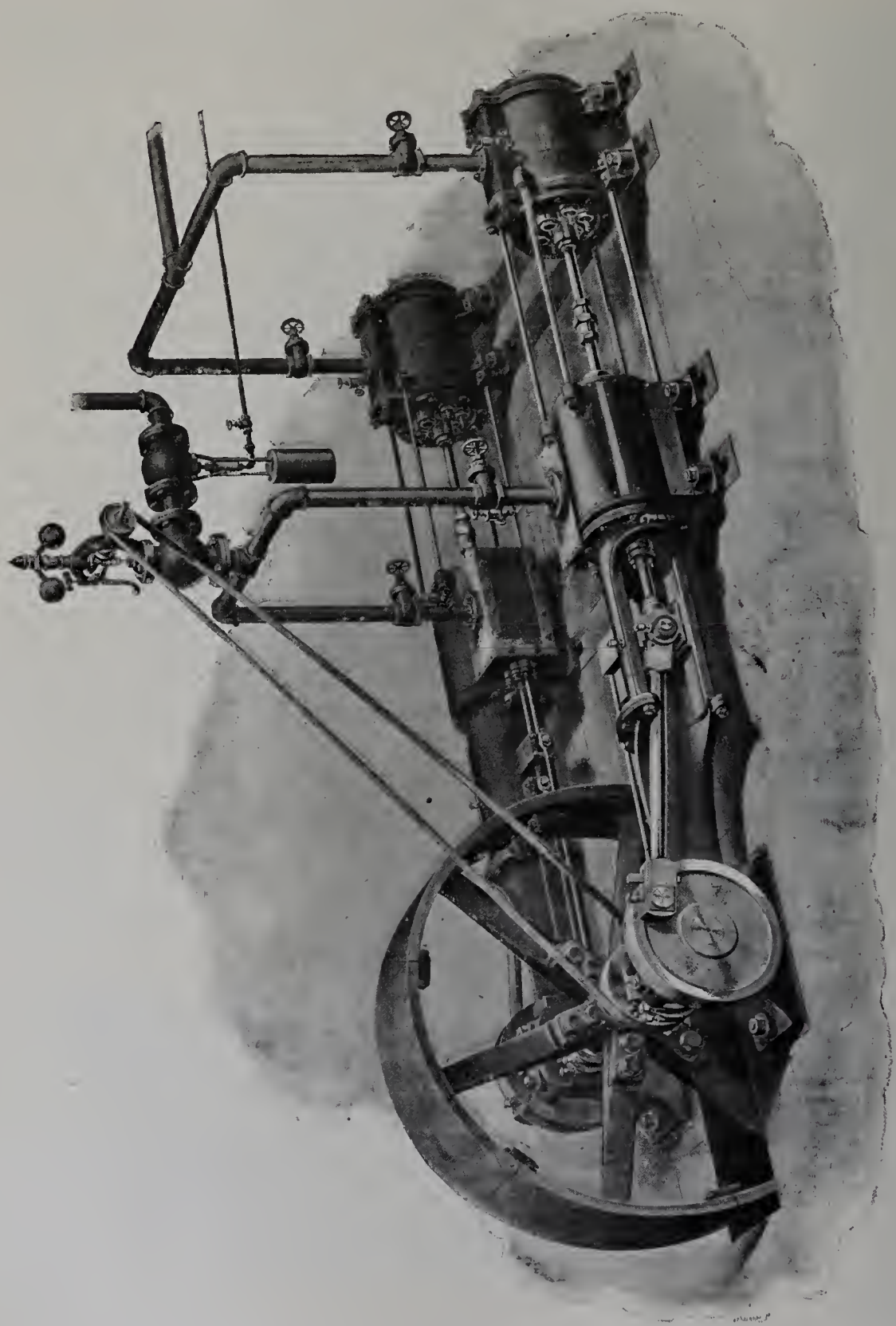


Fig. 207. — Compresseur d'air duplex Rand Drill, avec le régulateur à air.

Ce système se distingue par la distribution très particulière dont sont munis les cylindres.

Cette distribution, due à M. Weiss, est à tiroir actionné directement par la machine à vapeur. Ce tiroir est combiné de façon à effectuer : 1° l'admission (ou plutôt

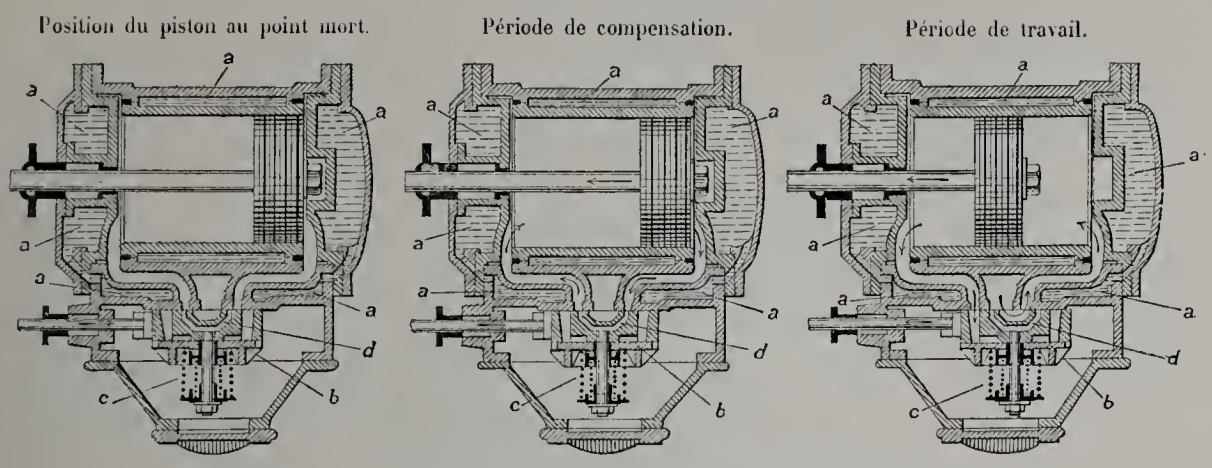


Fig. 208. — Compresseurs d'air Pinette. —
Coupe du cylindre en trois positions caractéristiques du piston et du tiroir.

a, eau. — *b*, plaque de retenue. — *c*, ressorts de la plaque de retenue. — *d*, canal de compensation.

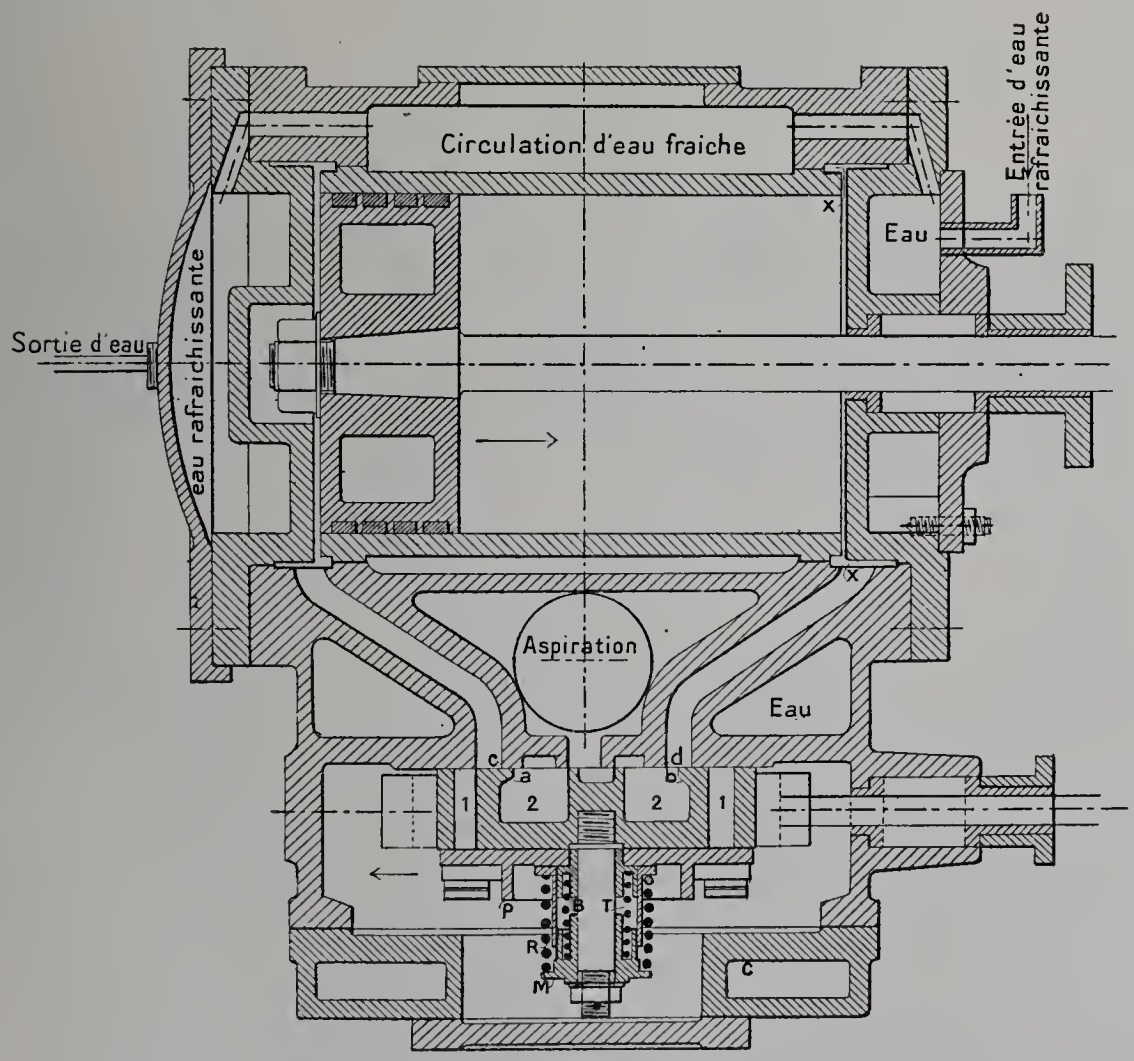


Fig. 209. — Détail du cylindre du compresseur Weiss-Pinette avec son tiroir de distribution.

l'aspiration) sans soupape, par le simple jeu du tiroir qui découvre de larges lumières; 2° le refoulement au moyen de soupapes à ressorts, également à larges lumières; 3° la compensation au moyen d'une communication qui s'établit à fin de course du piston entre

IMPRIMERIE NATIONALE.

l'avant et l'arrière du cylindre, et qui remédie aux inconvénients des espaces nuisibles. La figure 208 représente la manœuvre du piston et du tiroir, par trois de leurs positions caractéristiques.

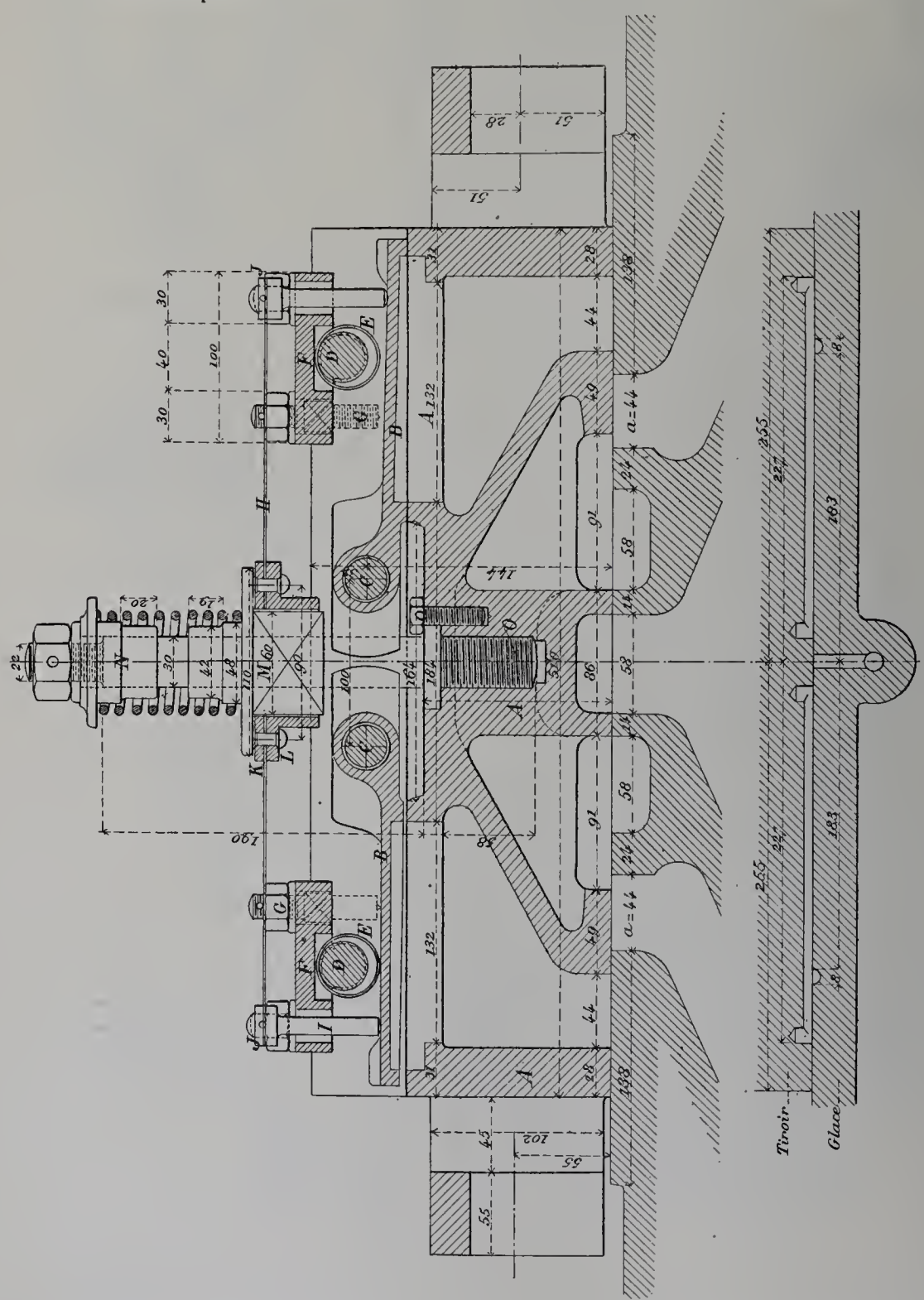


Fig. 210. — Compresseur d'air Pinette. — Tiroir de distribution système Weiss à clapets oscillants. — Disposition des rainures de graissage pour le graisseur automatique Weiss.

La figure 209 donne une coupe détaillée du cylindre et du tiroir. On voit que l'air admis par les lumières du tiroir et de la glace du cylindre se répand dans des logements annulaires X d'où il s'introduit dans le cylindre par tout son pourtour. Les

chambres à eau de circulation y sont représentées sur les têtes et les parois du cylindre.

Le tiroir de distribution présente quatre lumières.

a. Les lumières 2 servent à l'aspiration, elles sont très larges et communiquent entre elles. Elles sont combinées de telle sorte que la distance *ab* est un peu supérieure à la distance *cd* correspondante des lumières de la glace, de telle sorte que lorsque le tiroir est au milieu de sa course il y a communication entre ces lumières du cylindre par l'intermédiaire de la communication des lumières 2 du tiroir, ce qui permet à ce moment à la compensation de se produire.

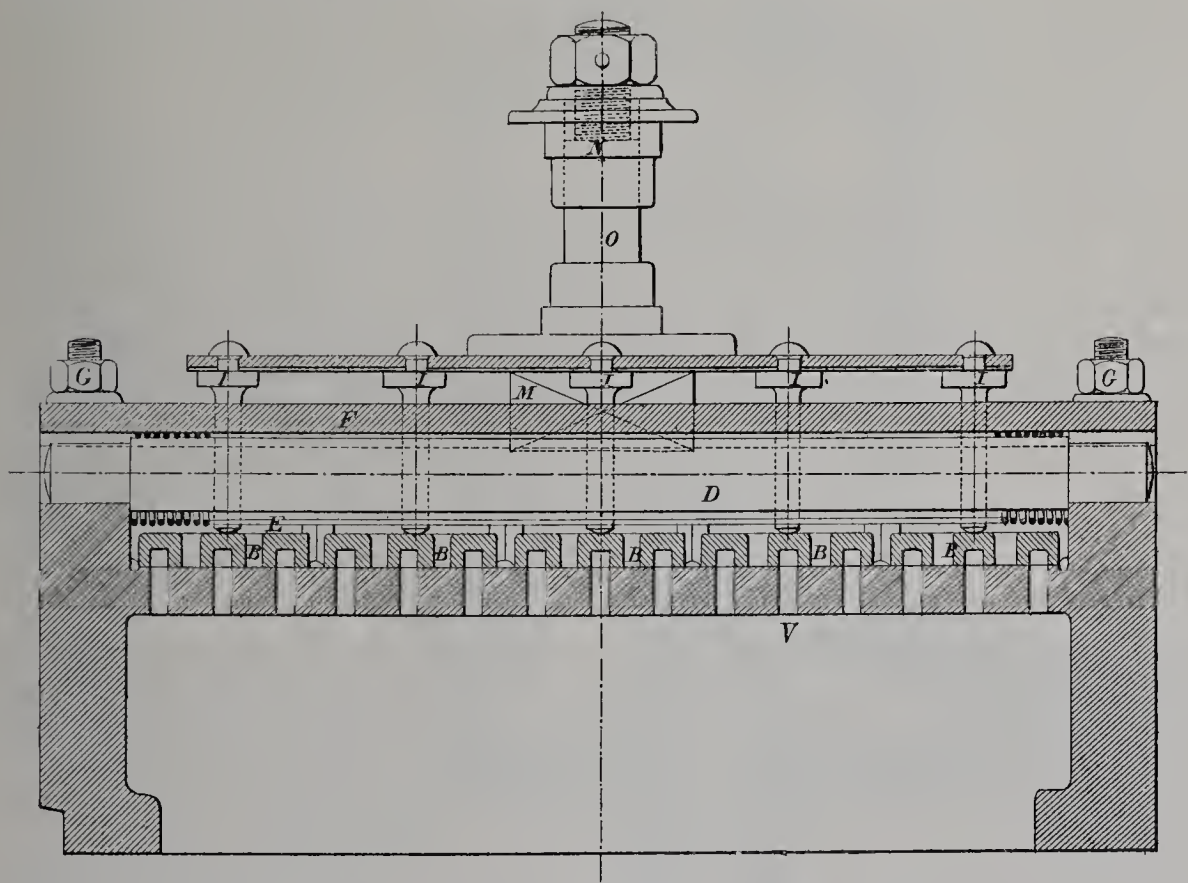


Fig. 211. — Coupe du tiroir Weiss à clapets oscillants montrant la disposition des lumières de refoulement.

b. Les lumières 1 servent au refoulement. Elles sont recouvertes par une plaque P dite plaque de retenue, laquelle est appliquée contre le tiroir par le ressort extérieur R. Le ressort intérieur T sert à maintenir le butoir B qui est destiné à limiter le jeu de la plaque P. Cette disposition constitue la soupape de refoulement.

Une autre disposition du tiroir Weiss est représentée par les figures 210 et 211 : elle comporte une soupape de refoulement différente. Cette soupape est constituée par deux longs clapets B mobiles autour des axes C. Ces clapets en se soulevant sous l'action de l'air refoulé viennent buter contre les doigts métalliques I fixés par des boulons J sur une lame de tôle H fixée elle-même à son centre sur un anneau K entourant l'axe M. Cet anneau est maintenu par un ressort P qui peut être réglé à volonté au moyen d'un écrou vissé à l'extrémité de l'axe central.

Les clapets E, après avoir soulevé les doigts I et la tôle H qui forme ressort et qui soulève elle-même l'anneau K, viennent buter contre des ressorts à boudins horizontaux E suspendus sur la tige D et maintenus appuyés par elle contre la plaque F. Ces ressorts s'aplatissent sous le choc des clapets et amortissent leur mouvement. Le jeu entre la partie inférieure du ressort E et le dessus du clapet est d'environ un demi-millimètre.

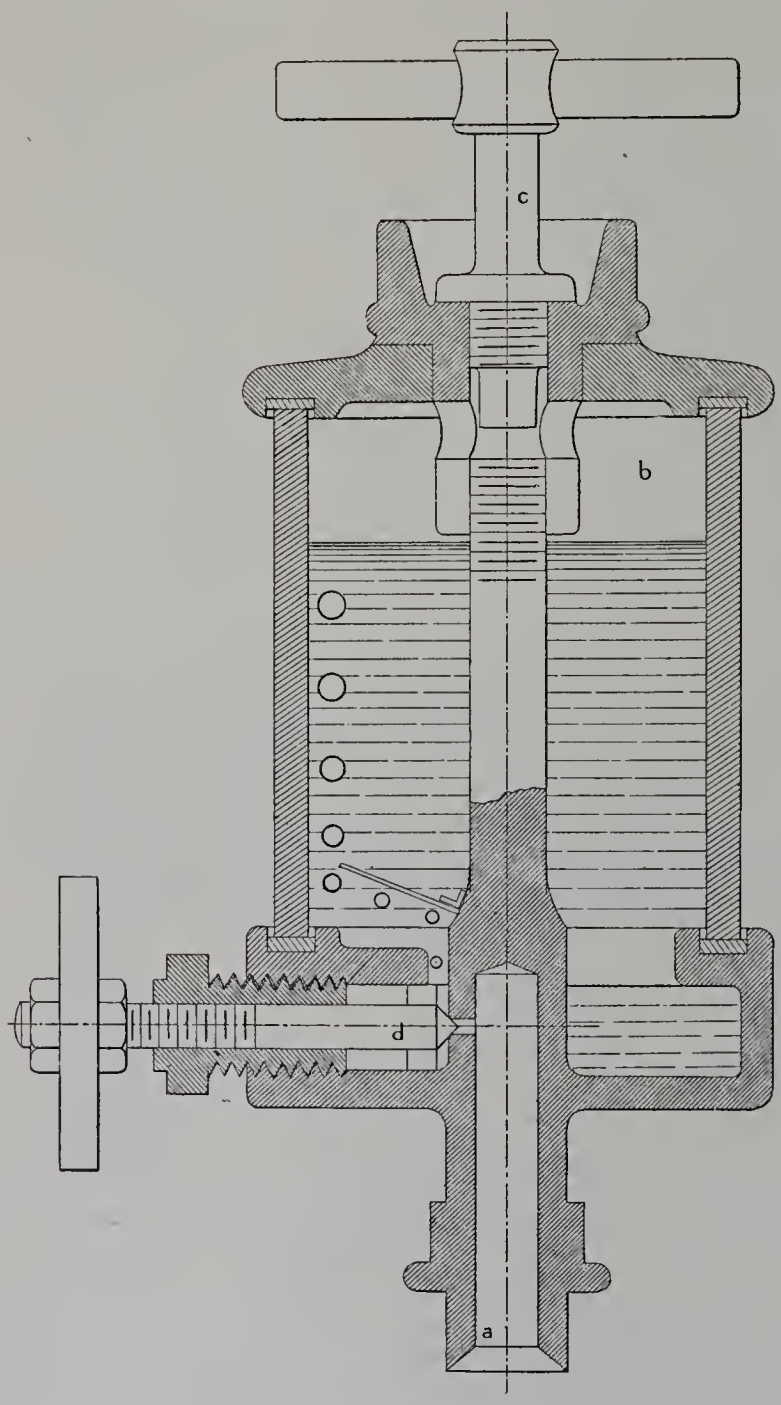


Fig. 212. — Graisseur automatique système Weiss pour les compresseurs d'air.

La figure 211 montre la disposition des lumières de refoulement. Ces dernières sont constituées par une série de fentes de 8 millimètres V, recouvertes par le clapet. Ce dernier est évidé de fentes analogues tout le long du refoulement, fentes qui séparent les recouvrements des fentes du tiroir. Cette disposition permet à l'air refoulé de s'échapper par les évidements du clapet immédiatement dans la chambre de refoulement.

La figure précédente (210) représente à la partie inférieure une disposition de rainures pratiquées dans le tiroir et dans la glace du cylindre et qui permettent le graissage du tiroir au moyen du graisseur automatique Weiss, dont nous parlerons tout à l'heure. Ce système de compresseur donne de bons rendements volumétriques qui vont jusqu'à 90 p. 100; il se caractérise par une aspiration par tiroir à larges lumières, et par une compensation des espaces nuisibles.

Graisseur automatique du cylindre à air et du tiroir, système Weiss.

Les compresseurs Pinette portent des graisseurs particuliers système Weiss, qui permettent d'obtenir le graissage régulier et automatique du cylindre à air et du tiroir.

La figure 212 donne la coupe de ce graisseur, dont le fonctionnement est basé sur les variations de pressions qui peuvent se produire dans l'air contenu à la partie supérieure.

Vissé au milieu du cylindre, il communique directement par l'orifice *a* avec l'espace parcouru par le piston compresseur. Pendant la moitié de la course de ce dernier, la pression de l'air augmente dans l'intérieur du cylindre; une certaine quantité d'air pénètre dans le graisseur sous forme de bulles visibles, traversant l'huile et allant augmenter la pression de l'air en *b*. Lorsque le piston a dépassé le milieu de sa course, le graisseur se trouve en communication avec la partie du cylindre à l'aspiration, l'air contenu se dilate et refoule une certaine quantité d'huile dans le cylindre.

Placé sur la boîte du tiroir, il fonctionne de la même façon; il est alors en communication avec un système de rainures ménagées dans la glace du tiroir et dans le tiroir lui-même. La pression s'élève alors de la pression atmosphérique à celle des réservoirs et l'action du graisseur est très énergique. Le graissage s'arrête avec la machine elle-même; il peut se régler par la vis à pointeau *a*.

Compresseur d'air J. François.

Le compresseur d'air construit par M. Joseph François, constructeur à Seraing, présente quelques dispositions intéressantes du cylindre à air.

La figure 213 montre la constitution de ce cylindre, de ses soupapes et de leur liaison avec le cylindre à vapeur. Des soupapes particulières portent un dispositif qui permet de les gouverner tout en les rendant absolument libres au moment de l'admission de l'air.

Les soupapes de refoulement possèdent des ressorts de rappel ordinaires. Les soupapes d'admission présentent la disposition suivante.

Les tiges C de ces soupapes sortent extérieurement. Elles sont entourées d'un manchon mobile *m* qui est repoussé par un ressort à boudin prenant appui contre le manchon de sortie de la soupape.

Sur les manchons *m* peuvent agir les têtes de deux leviers doubles H et I reliés par la tringle K, l'un I pivotant autour de l'axe F, l'autre H calé sur l'axe E. Un autre levier G est calé également sur l'axe E. Son autre extrémité est actionnée par la tige du tiroir d'admission du cylindre à vapeur.

Le dessin montre ces différentes liaisons; au moment de l'admission en S, le levier H prenant appui sur le manchon *m'* l'écarte de la tête *t* de la soupape. Celle-ci est libérée

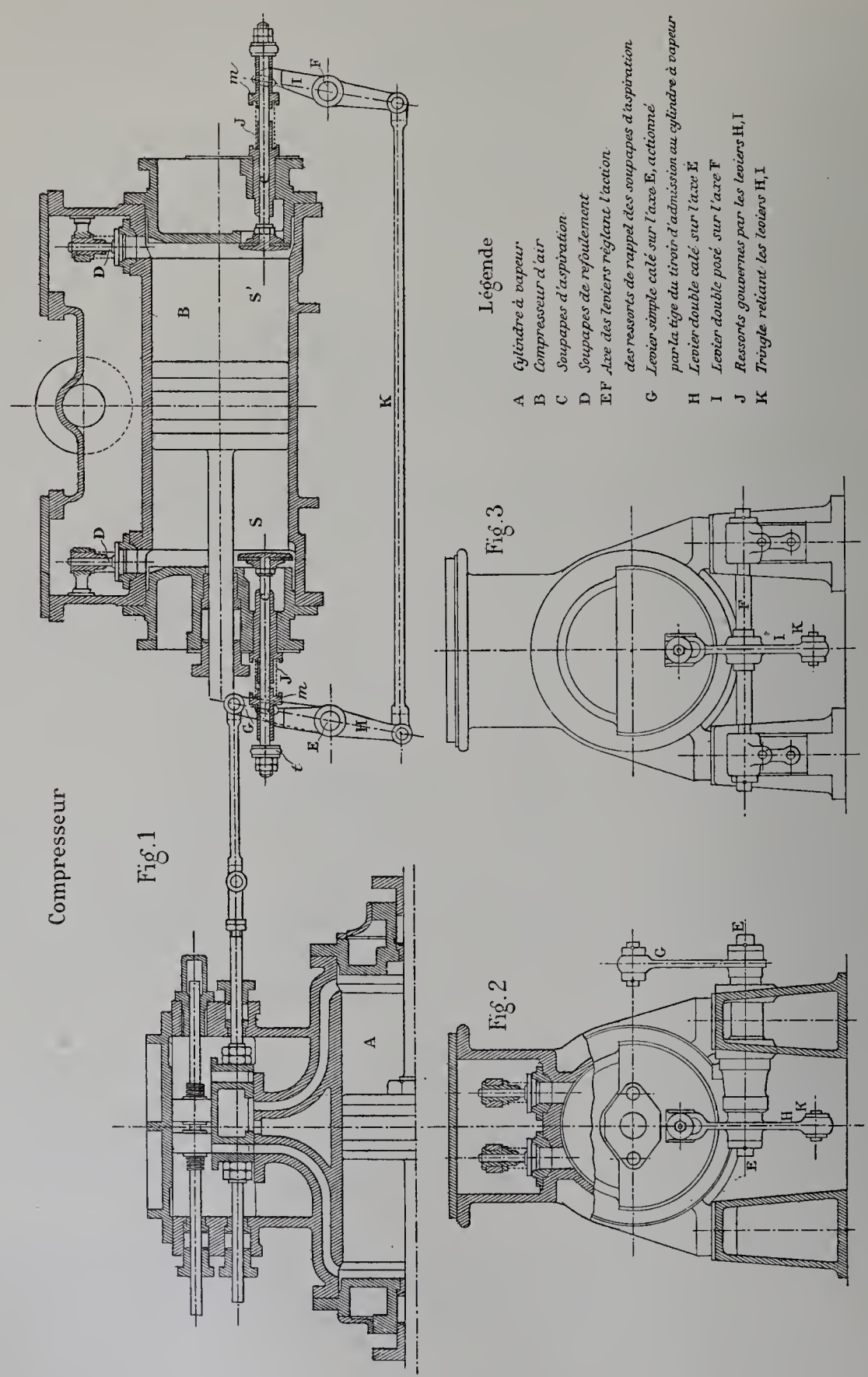


Fig. 213. — Compresseur d'air J. François.

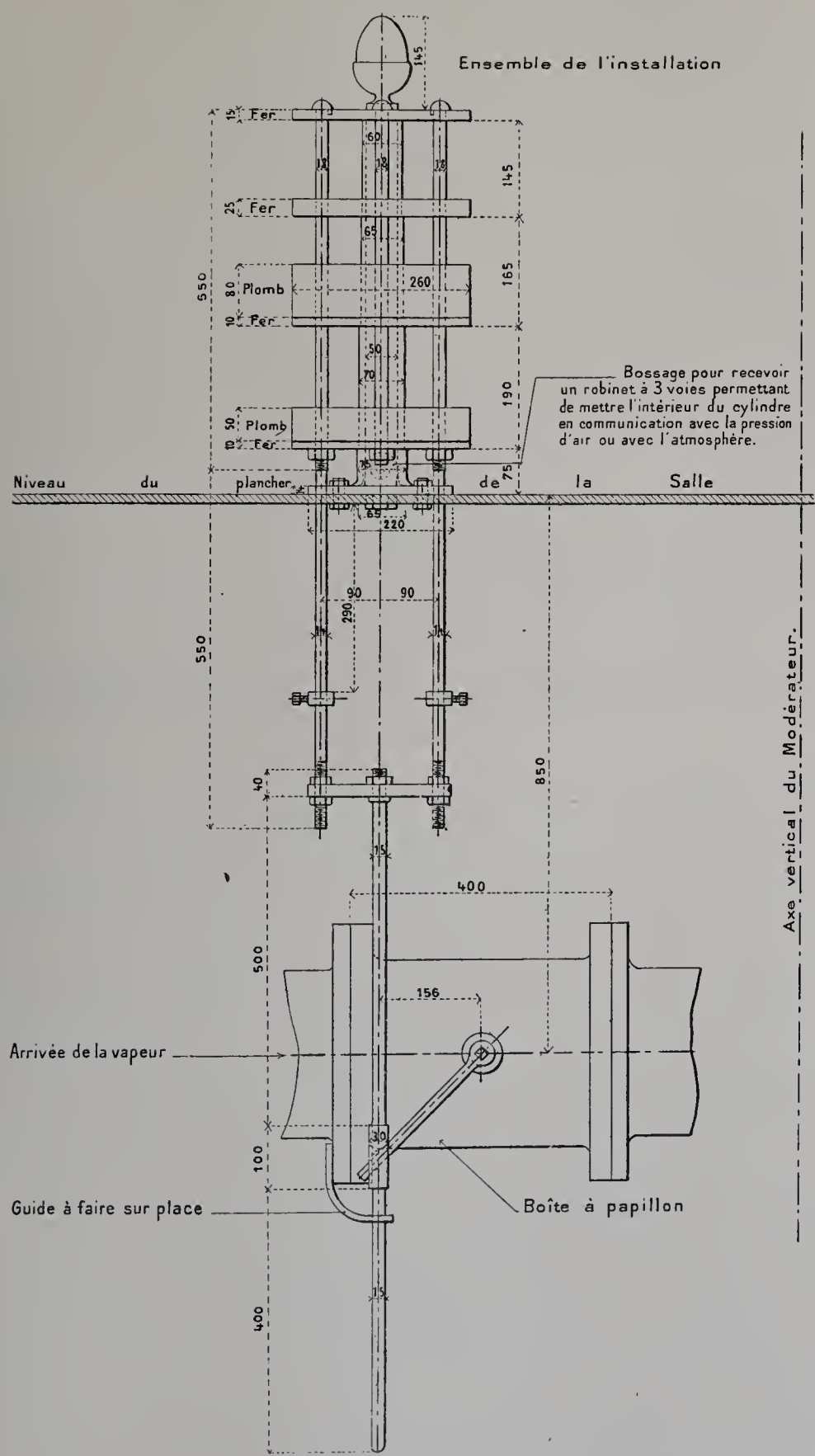


Fig. 214. — Régulateur de pression dans les réservoirs à air comprimé des Mines de Lens.

C. F. E.

et s'ouvre sans difficulté sous une très faible dépression à l'admission. Au contraire en S′, le levier l s'écartant du manchon *m*, celui-ci poussé par le ressort, s'appuie sur la tête de la soupape et appuie celle-ci sur son siège, assurant ainsi une fermeture rapide et exacte de S′. Les efforts nécessaires pour gouverner ces ressorts de rappel sont très faibles.

Les espaces nuisibles sont relativement faibles et sont de plus réduits par l'eau qu'on introduit par les soupapes d'aspiration dans le cylindre du compresseur pour absorber autant que possible la chaleur produite par la compression.

Ci-dessous les caractéristiques du type exposé :

Diamètre du cylindre	à vapeur	0^m320
	à air	0^m300
Course		0^m500
Nombre de tours par minute	maximum	80
	minimum	5
Travail indiqué au piston à vapeur à 60 tours par minute		25 HP.
Pression de l'air		5 kilogrammes.
Poids d'air comprimé fourni à l'heure, à la vitesse de 60 tours		300

Régulateur de pression dans les réservoirs à air comprimé des Mines de Lens.

L'appareil employé dans les Mines de Lens (fig. 214) consiste en un papillon placé à l'intérieur de la conduite de vapeur du compresseur d'air. Ce papillon peut être mis en mouvement par un petit piston contenu dans un cylindre vertical. Un robinet à trois voies placé sous le cylindre permet : 1° d'admettre l'air comprimé sous le piston ; 2° de mettre le fond du cylindre en libre communication avec l'atmosphère.

Dans le premier cas, le piston est soulevé par l'air comprimé; si la pression augmente, il monte en fermant graduellement le papillon qui étrangle de plus en plus l'arrivée de vapeur, et ralentit la vitesse du compresseur. Le mouvement du piston est réglé par une série de disques pesants qu'il est obligé de soulever successivement au fur et à mesure qu'il monte. Les poids sont réglés suivant la pression moyenne voulue.

Si la pression dépasse la limite fixée le dernier poids est soulevé et le papillon se ferme presque totalement; le compresseur marche alors à une vitesse très lente.

Dans le second cas, si le fond du cylindre est mis en communication avec l'atmosphère par le robinet, les poids font descendre le piston à fond de course, le papillon prend alors la position symétrique de la position extrême précédente, c'est-à-dire qu'il ferme encore l'admission, et ceci hermétiquement en raison du biseau porté par le papillon.

Le réglage de la compression ou l'arrêt complet peut donc se faire par la manœuvre de ce robinet.

CHAPITRE IX.

AÉRAGE. — APPAREILS DIVERS.

La question de l'aérage est une des plus importantes pour l'exploitation minière en général et pour les houillères en particulier. Depuis longtemps on s'est préoccupé des moyens d'assurer la ventilation régulière suffisante des galeries de mine, et les divers procédés, appareils, méthodes employés montrent bien les difficultés complexes du problème. C'est qu'en effet, pour les houillères particulièrement, on cherche non seulement à amener dans les fronts de taille et les galeries l'air nécessaire au personnel employé, mais encore à lutter contre un ennemi toujours présent, ou toujours à craindre, qui est le grisou. Pour obtenir ces deux résultats on est amené à créer dans la mine un courant d'air dont la marche naturelle doit être méthodiquement assurée pour que toutes les parties des travaux, tailles et galeries soient bien ventilées, sans qu'aucun obstacle ne vienne gêner la distribution de l'air; il faut que l'accès de cet air soit assuré dans les régions les plus écartées, dans les travaux en cul-de-sac, et que le volume de cet air soit suffisant pour enlever les fumées des coups de mine, diluer les venues de grisou et éviter la formation d'atmosphères explosives.

Les difficultés d'application sont nombreuses et on a à lutter contre tant d'obstacles qu'on a été assez longtemps avant de se mettre d'accord sur les principes mêmes de l'aérage.

Sans vouloir entrer dans des détails qui nous entraîneraient en dehors du cadre de cet exposé, nous devons cependant nous arrêter un instant à cette question des méthodes d'aérage si longtemps discutées.

Nous ne parlerons pas de l'aérage naturel, souvent impossible ou insuffisant, ni de l'aérage artificiel par foyers, que l'on abandonne de plus en plus en raison de son peu d'efficacité et des dangers qu'il entraîne dans le cas de venues puissantes de grisou.

Une question s'est posée alors pour l'aérage par ventilation mécanique. Doit-il être soufflant ou aspirant?

On sait les avantages et les inconvénients que l'on a imputé à l'une ou l'autre méthode au point de vue des dégagements de grisou, des incendies, du mauvais air des anciens travaux, de l'influence si controversée des variations barométriques, etc... Toutefois les avantages prédominants de l'aérage par aspiration et les difficultés de réaliser l'aérage soufflant par le puits d'extraction ont donné généralement gain de cause à la méthode par aspiration, procédé employé aujourd'hui dans la plupart des houillères.

On a discuté longuement sur le volume d'air à faire circuler dans la mine. Tout en étant d'accord sur le minimum nécessaire pour assurer le travail du personnel on a été en présence de deux théories différentes pour la ventilation intérieure en tant que moyen de lutte contre le grisou.

Les uns, et les mineurs de la région de Saint-Étienne en particulier, s'opposaient à un aérage trop vif faisant circuler un volume d'air trop considérable dans la mine, méthode que préconisaient au contraire les autres. Les premiers reprochaient à cette ventilation exagérée de véhiculer trop rapidement le grisou dans la mine, et d'entraîner ainsi dans le cas de venues importantes une extension très grande des coups de feu; ils lui reprochaient aussi de soulever les poussières et de créer ainsi des atmosphères dangereuses. Toutefois cette résistance à la ventilation active a disparu et l'expérience a montré que le seul moyen d'avoir un aérage qui puisse s'opposer avec autant d'efficacité que possible aux dégagements de grisou est de faire circuler un volume d'air suffisamment important pour noyer le gaz dangereux dès son apparition; quant aux poussières, l'arrosage soigné des galeries ou des tailles permet de lutter contre elles.

Pour assurer convenablement la sécurité du personnel on est donc d'accord aujourd'hui sur un aérage intensif au moyen de ventilateurs aspirants.

L'aspiration se fait sur des puits de retour d'air, que l'on dispose, toutes les fois que cela est possible, de manière à réaliser le principe si juste de l'aérage diagonal.

Les appareils de ventilation se sont beaucoup perfectionnés depuis dix ans. A côté du ventilateur Guibal qui avait déjà créé un progrès considérable en cette matière, sont venus se placer d'autres appareils remarquables parmi lesquels nous citerons particulièrement le ventilateur Rateau centrifuge et le ventilateur Mortier diamétral.

Nous verrons en détail ces appareils dont les rendements mécaniques s'élèvent jusqu'à 80 p. 100.

Pour assurer l'aérage de la mine on dispose de plus en plus les appareils de ventilation en double, au puits d'aérage, de façon à se suppléer réciproquement en cas de réparation ou d'accident à l'un d'eux.

En même temps on a organisé avec un soin tout particulier les services de surveillance intérieure de façon à contrôler l'aérage dans les galeries, à mesurer la vitesse de l'air et à doser le grisou contenu dans l'atmosphère de la mine.

Ces préoccupations diverses ont amené la création d'un certain nombre d'appareils intéressants et souvent précieux que nous étudierons (appareils de M. Poussigue, autocapteur Petit, appareil Murgue).

Au point de vue des mesures de surveillance de l'aérage nous signalerons en particulier celles qui ont été prises aux houillères grisouteuses de Ronchamp et qui sont dues à M. Poussigue. Elles permettent de se rendre compte à chaque instant de la marche et de l'efficacité de l'aérage, ainsi que de l'influence des divers travaux sur la teneur en grisou de l'atmosphère. Nous signalerons aussi les remarquables travaux que M. Petit, ingénieur en chef de la Société des houillères de Saint-Étienne, a condensés dans son ouvrage sur la matière.

Grisoumétrie. — Un service indispensable à la surveillance de l'aérage de la mine est celui de la grisoumétrie. Il est aujourd'hui muni d'appareils précieux et remarquables qui sont bien connus et sur lesquels nous reviendrons cependant en raison de leur importance.

Des appareils qui étaient exposés sont : la burette de M. Le Chatelier pour l'application au dosage du grisou du principe des limites d'inflammabilité, le grisoumètre du même savant ingénieur, la lampe grisoumétrique Chesneau. Les deux premiers de ces appareils donnent le dosage exact du grisou sur échantillons prélevés dans la mine. Le dernier permet un dosage immédiat sur place suffisamment précis pour évaluer jusqu'à 0.10 p. 100 de grisou.

VENTILATEURS.

Les appareils d'aérage ou de ventilation n'ont figuré à l'Exposition qu'en nombre très restreint, et, à part le type Farcot, les modèles exposés étaient de petites dimensions et se composaient surtout de ventilateurs portatifs.

Nous jugeons cependant intéressant d'examiner un peu en détail cette question, et, tout en restant dans les limites des types exposés, d'étendre cette étude de façon à bien faire ressortir les principes des ventilateurs nouveaux; les types sont tous, comme nous l'avons dit, des ventilateurs dynamiques; ils comprennent notamment les systèmes Rateau, Mortier, Geneste Herscher et Fournier-Cornu.

Ventilateurs Rateau.

Les ventilateurs Rateau se divisent en deux classes :

1° *Ventilateurs centrifuges.* — Ces appareils sont bien connus depuis longtemps et employés dans un grand nombre de mines en France et l'étranger. Ils se distinguent des ventilateurs hélicoïdes de la seconde classe par les pressions élevées qu'ils permettent d'obtenir (jusqu'à 300 millimètres d'eau).

Nous rappellerons rapidement la construction de ces ventilateurs. Ils se composent essentiellement de deux parties, la turbine et l'amortisseur.

La turbine du ventilateur Rateau est formée d'un disque toroconique en fonte, sur lequel sont fixées par des cornières 16 à 30 ailes en tôle d'acier de forme spéciale, embouties à la presse hydraulique. Ces ailes sont découpées dans une surface engendrée par un arc de cercle de rayon déterminé, animé d'un mouvement conoïdal. Ces ailes se meuvent avec un jeu très faible à l'intérieur d'une ouïe dont la forme intérieure est engendrée par un quart d'ellipse tournant autour de l'axe de la turbine. (Voir figure 215.)

Cette forme spéciale des ailes et des ouïes permet d'obtenir une grande rigidité des ailes, de saisir sans choc l'air qui arrive parallèlement à l'axe et de le refouler à la périphérie avec la plus grande vitesse possible, en faisant décrire à chaque molécule, sous des vitesses légèrement croissantes, des trajectoires dont les rayons de courbure sont à peu près constants.

L'amortisseur Rateau permet d'obtenir la transformation presque complète de la

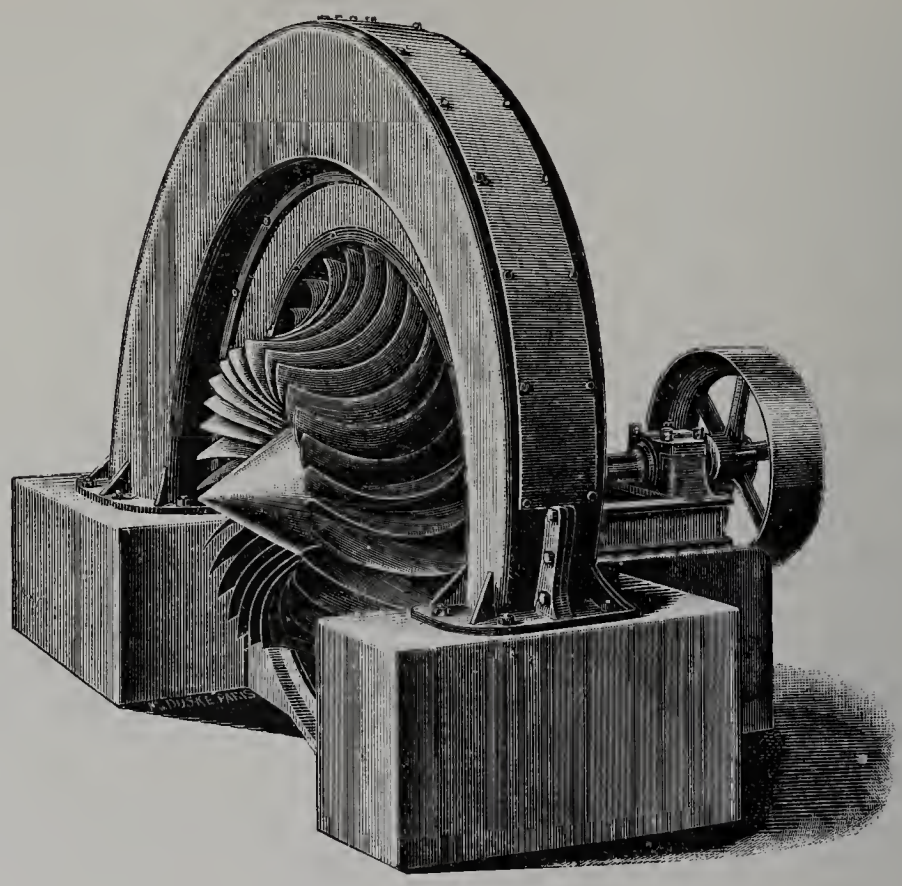


Fig. 215. — Ventilateur centrifuge Rateau, ouïe enlevée.

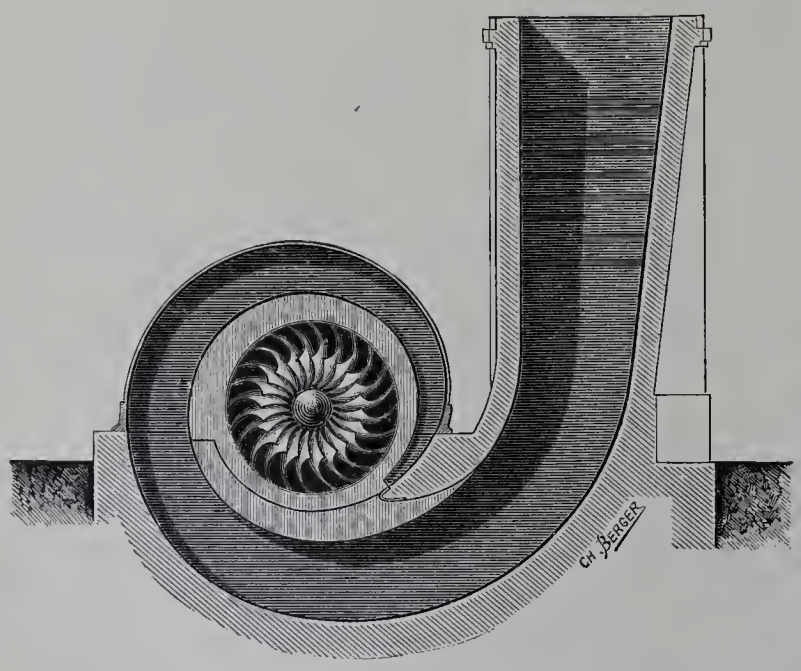


Fig. 216. — Ventilateur centrifuge Rateau.
Coupe perpendiculaire à l'axe.

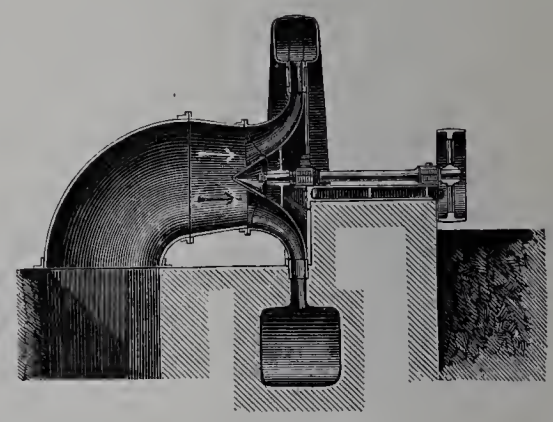


Fig. 217. — Ventilateur centrifuge Rateau.
Coupe par l'axe de la turbine.

force vive du fluide en pression avant l'entrée dans la cheminée, en évitant en plus le choc de l'air sortant de la roue avec celui dont la vitesse est déjà ralentie. Ce dernier point est un facteur important du rendement de l'appareil.

Cet amortisseur comprend trois parties :

1° Un diffuseur spiral plat composé de deux plateaux parallèles entourant la roue et se raccordant suivant une spirale d'Archimède au collecteur;

2° Un collecteur en volute à section carrée ou ronde croissant avec la hauteur des plateaux du diffuseur plat;

3° Une cheminée pyramidale faisant suite à la volute et achevant d'amortir la vitesse de l'air.

Les figures 216 et 217 montrent la disposition d'un ventilateur de ce type.

Nous laisserons de côté les données théoriques et les calculs qui ne rentrent pas dans le cadre de cette simple notice, et nous nous contenterons de signaler les caractéristiques de ce type de ventilateur.

Le pouvoir manométrique de cet appareil est élevé; il peut atteindre d'après les constructeurs la valeur 1.00, et permet d'obtenir, avec de grands appareils, des dépressions de 250 à 300 millimètres d'eau. Ce pouvoir se conserve, ainsi que le rendement, avec des variations assez sensibles de l'orifice équivalent. Enfin le rendement mécanique ou rapport du travail utile en air extrait ($T_u = Qh$) au travail effectif à fournir sur la poulie du ventilateur est en moyenne de 80 à 85 p. 100; il est donc très satisfaisant.

Ce ventilateur peut s'exécuter avec commande électrique ou commande par courroie.

Voici les caractéristiques d'un ventilateur à grand diamètre :

Diamètre	de la roue	$4^m 00$
	de l'ouïe	$2^m 40$
Conditions de marche normale	ouverture	$2^{m2}00$
	orifice équivalent	$3^{m2}00$
Latitude pratique d'application	ouverture	$1^{m2}70$ à $2^{m2}60$
	orifice équivalent	$2^{m2}00$ à $4^{m2}00$

	VITESSE PÉRIPHÉRIQUE.		
	20 MÈTRES À LA SECONDE.	30 MÈTRES À LA SECONDE.	40 MÈTRES À LA SECONDE.
Tours par minute	95	144	191
Pression ou dépression	48^{mm}	108^{mm}	192^{mm}
Débit par seconde	58^{m3}	84^{m3}	112^{m3}
Travail effectif	48 HP.	160 HP.	380 HP.

La maison Biétrix construit des types à deux ouïes permettant d'obtenir de grands débits avec un encombrement faible.

Ventilateurs hélicoïdes aspirants et soufflants. — Le type réalisé par M. Rateau permet d'obtenir de forts débits en réalisant une dépression plus considérable que celle qu'on avait pu obtenir jusqu'alors avec des appareils basés sur le même principe.

On sait que les ventilateurs hélicoïdes sont caractérisés par ce fait que les filets d'air

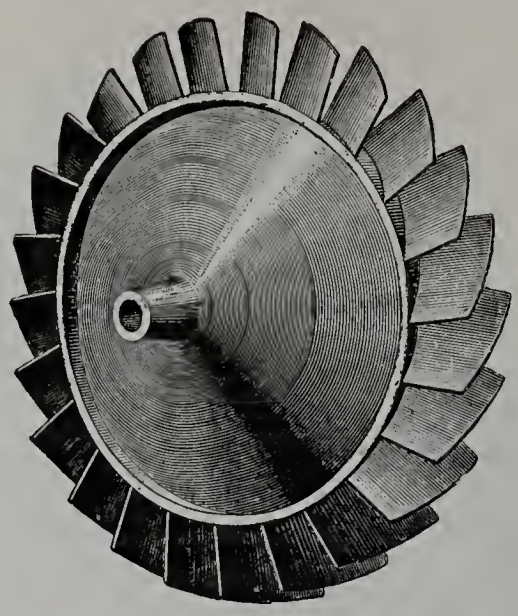


Fig. 218. — Turbine du ventilateur hélicoïde Rateau.

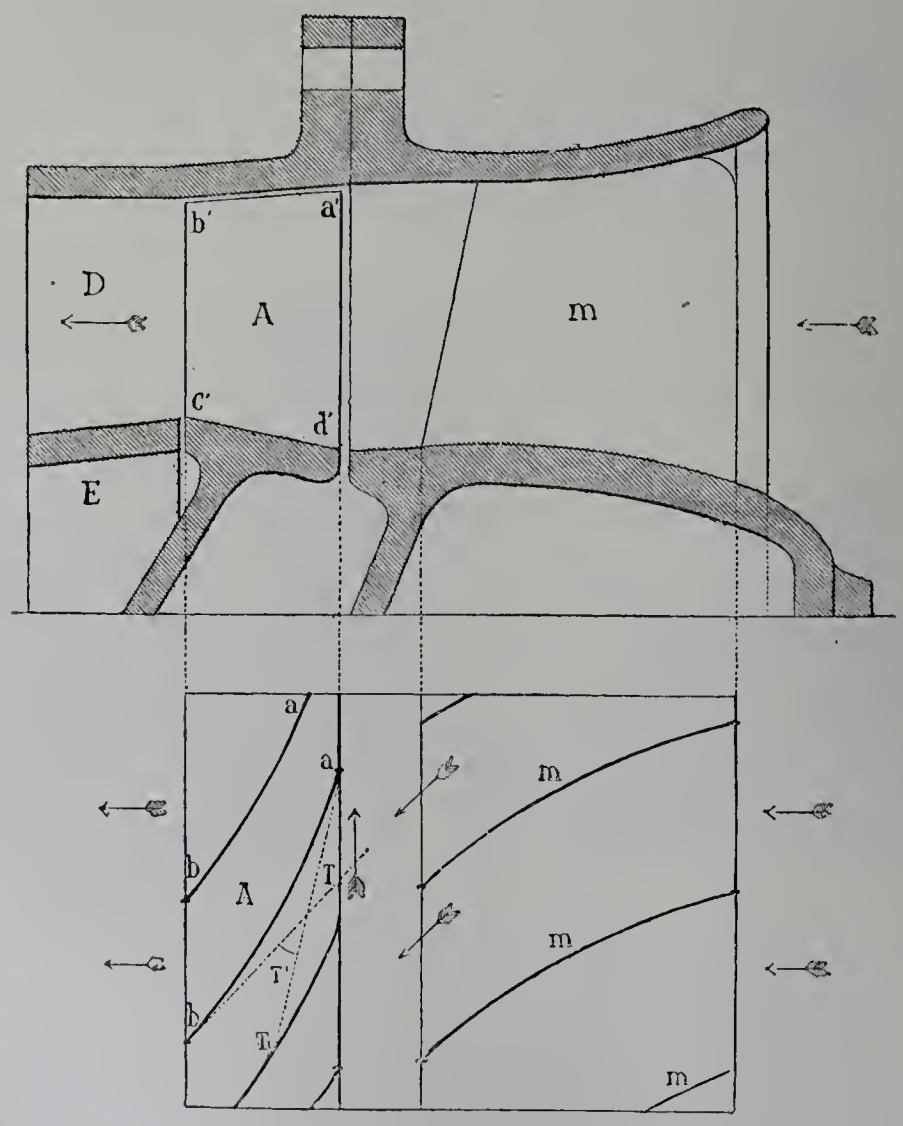


Fig. 219. — Vue en coupe d'un ventilateur hélicoïde Rateau, avec distributeur à ailes fixes et diffuseur annulaire.

sortent de l'appareil dans une direction parallèle à celle qu'ils avaient en y entrant. Ils se composent d'un distributeur de la turbine et d'un amortisseur ou diffuseur. La partie essentielle est la turbine dont la disposition nouvelle est la suivante : elle est formée d'un nombre variable d'ailes en tôle d'acier fixées par des cornières ou simplement implantées sur la jante d'une roue légèrement conique, en fonte ou en bronze.

L'une de ces roues se voit en perspective fig. 218 et en coupe fig. 219. Les ailes se

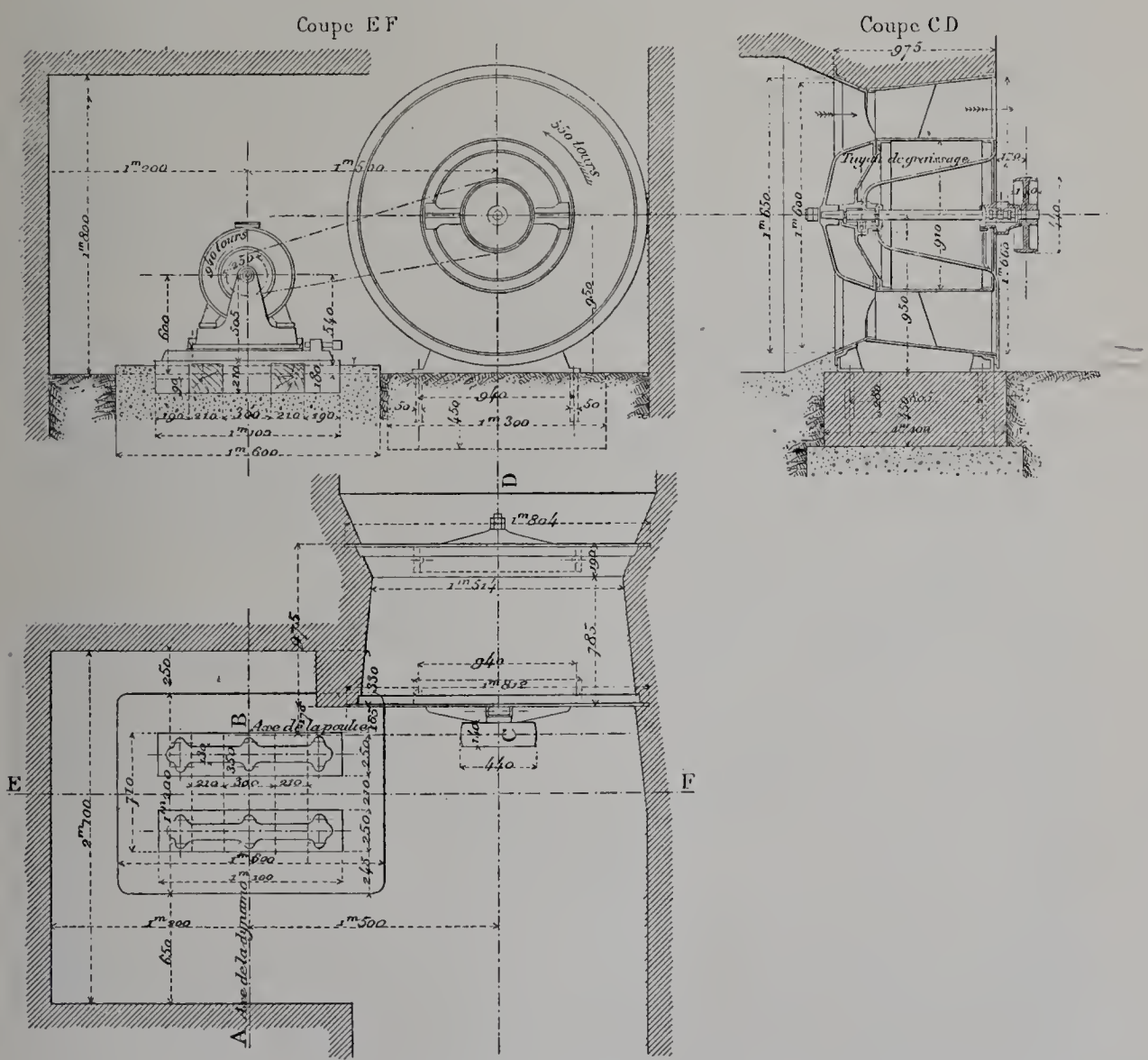


Fig. 220. — Installation d'un ventilateur hélicoïde Rateau de 1m600 aux mines du Gros (Saint-Étienne). Débit : 18m3 à la seconde. Pression : 24 m/m. 550 tours.

projettent en *a'b'c'd'* ; la partie inférieure montre le développement d'une coupe de la turbine faite par le cylindre moyen. Les ailes sont fixées à la roue par le bord *c'd'* ; le bord *a'b'*, qui est libre, tourne avec le moins de jeu possible en face d'une enveloppe fixe en fonte, en chaudronnerie ou en maçonnerie. L'air est saisi par le bord *a'd'* de ces ailes et les quitte par le bord *b'c'*. La forme des ailes est simple : elles sont découpées soit dans un cylindre, soit dans un conoïde.

L'axe du cylindre ou du conoïde, ainsi que les directrices et génératrices de ces surfaces, sont déterminés suivant les conditions à réaliser.

De plus, la hauteur de l'aile, comptée suivant le rayon, va en diminuant depuis le bord d'entrée jusqu'au bord de sortie. La théorie et l'expérience montrent, en effet, que le mouvement de l'air doit être légèrement centripète.

La figure annexée montre la disposition du diffuseur et du distributeur. Ce dernier peut comporter des ailes directrices ou être construit avec canal spiraloïde, ou enfin avec simple canal tronconique sans ailes directrices. Le diffuseur peut affecter d'ailleurs les mêmes formes que le distributeur.

Ce type de ventilateur est très simple et permet des applications nombreuses. Il est à grande vitesse, à grands débits et réversible. Enfin, point intéressant, il exige une puissance sensiblement constante, quelle que soit l'ouverture (ou l'orifice équivalent) sur laquelle on fait fonctionner l'appareil à une vitesse donnée, le rendement restant toujours satisfaisant. Son pouvoir manométrique peut, de plus, varier dans des limites assez étendues.

Voici quelques données se rapportant à un ventilateur de ce genre (fig. 220) installé en 1899 aux mines du Cros (Saint-Étienne).

Ce ventilateur, de 1 m. 60 de diamètre de turbine, est installé au fond sur une déviation d'une galerie de roulage. Il est actionné par un moteur électrique triphasé (12 HP, 940 tonnes, 500 volts) avec transmission par courroie.

Les résultats des essais donnés par cet appareil sont les suivants :

NUMÉROS des EXPÉRIENCES.	NOMBRE DE TOURS du VENTILATEUR.	NOMBRE DE TOURS de L'ANÉMOMÈTRE en UNE MINUTE.	SECTION de LA GALERIE.	VITESSE de L'AIR.	DÉBIT par SECONDE.	PRESSION en MILLIMÈTRES D'EAU.	ORIFICES ÉQUIVALENTS.
1.	610	//	3.40	//	0	62	//
2.	575	80	3.40	1.50	5.2	55	0.266
3.	575	152	3.40	2.70	9.18	47	0.509
4.	575	252	3.40	4.36	14.81	44	0.845
5.	575	281	3.40	4.85	16.5	41	0.940
6.	575	301	3.40	5.19	17.6	40	1.000
7.	575	322	3.40	5.52	18.8	40	1.150
8.	575	327	3.40	5.60	19.1	88.5	1.170
9.	575	334	3.40	5.72	19.5	38	1.200
10.	575	450	3.40	7.62	26.1	20	2.210

NOTA. L'orifice équivalent de la mine était rendu variable au moyen d'une cloison dont on enlevait successivement les planches.

Les résultats auraient été plus intéressants si on avait mesuré les puissances développées par le moteur, ce qui, paraît-il, n'a pu être réalisé. Toutefois les chiffres précédents montrent qu'il est possible d'obtenir de ces appareils une puissance de débit assez considérable avec pression relativement forte.

Ventilateur diamétral, système Mortier.

Dans le système de ventilateur diamétral Mortier, les molécules d'air arrivent sur un côté de la périphérie du ventilateur, traversent ce dernier et ressortent par le côté opposé.

La roue du ventilateur (fig. 221) se compose d'un plateau circulaire portant de part et d'autre des aubes cylindriques *xy*, disposées de façon à ce que la tangente à la section de l'aube en *y* passe par le centre *o*. Généralement le rayon *oy* est égal aux $\frac{7}{10}$ du rayon *ox*.

La roue tourne entre deux parois latérales qui font partie de l'enveloppe du ventilateur. L'air arrive par l'orifice AB et sort par CD; ce dernier orifice se continue par un amortisseur comme dans les autres systèmes.

Les molécules d'air sont saisies et projetées successivement à l'entrée et à la sortie.

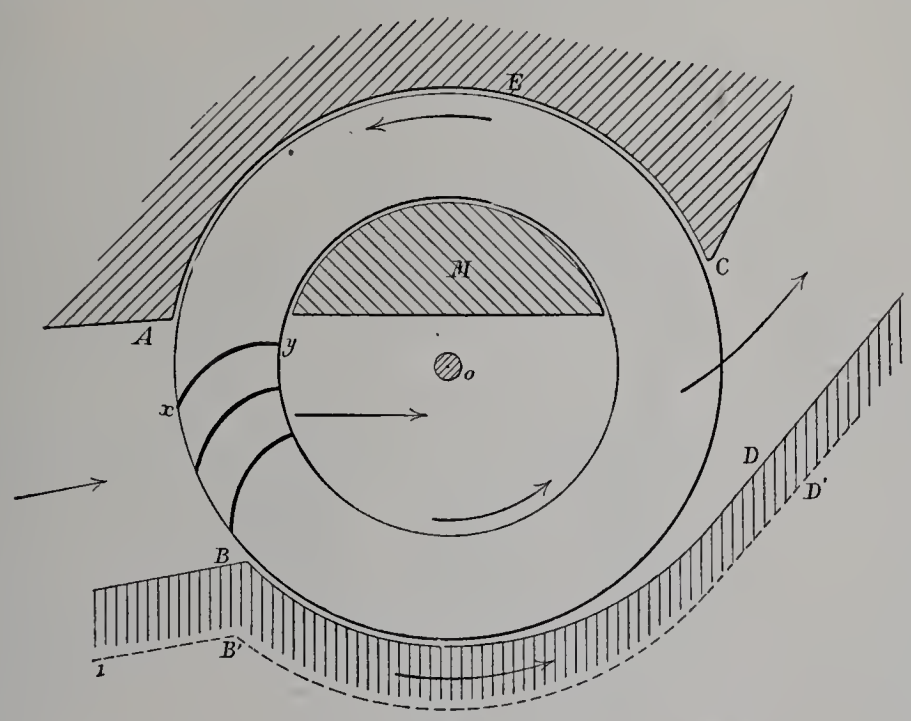


Fig. 221. — Disposition schématique du ventilateur Mortier.

Pour éviter les remous que pourrait provoquer la partie AEC de la roue, tournant en sens opposé de la circulation de l'air, on a disposé un écran M intérieur qui isole la couronne AEC tout en laissant passer le plateau intérieur. Tel est le principe du ventilateur Mortier que nous nous contentons de rappeler en laissant de côté les calculs qui y sont relatifs. Le rendement manométrique élevé peut atteindre 94 et 95 p. 100 et le rendement mécanique, tel qu'il résulte des expériences faites aux mines de Lens, atteint 65 p. 100.

La maison Galland exposait quelques types de ces ventilateurs. Les figures 222 et 223 représentent l'installation de l'un d'entre eux, actionné par une machine Tripier.

On remarquera un volet mobile qui constitue la partie CD. Ce volet est destiné à régler dans une certaine proportion le débit de l'appareil. On a constaté, en effet, que

IMPRIMERIE NATIONALE.

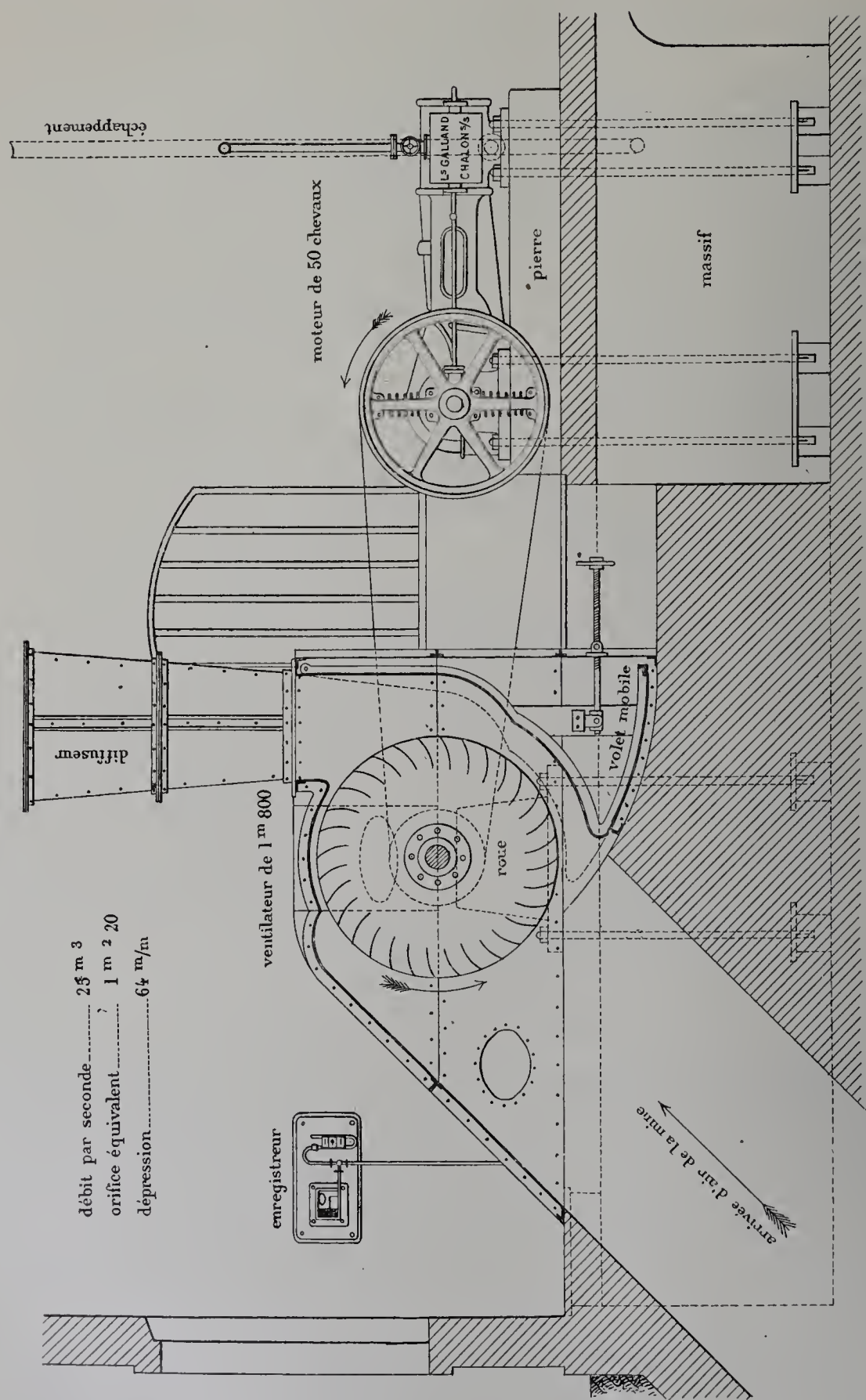


Fig. 222. — Ventilateur Mortier de 1 m 80 × 1 m 40. Élévation-Coupe.

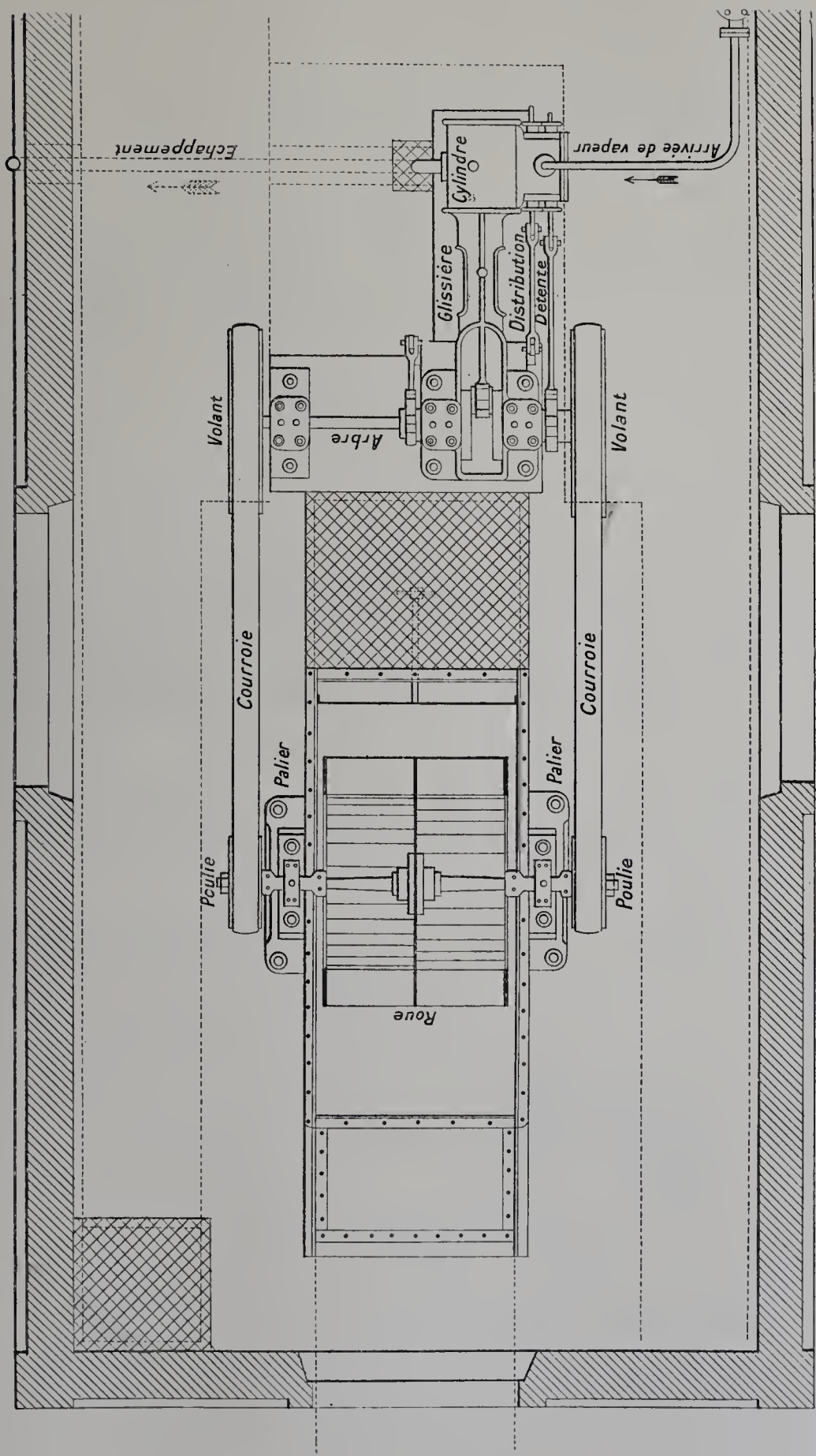


Fig. 223. — Installation d'un ventilateur Mortier de $1^{m}80 \times 1^{m}40$. Plan.

dans le voisinage de la partie BD de la roue du ventilateur, il se produit, lorsqu'on écarte l'enveloppe adjacente en B'D', un entraînement d'air d'extérieur qui s'ajoute à

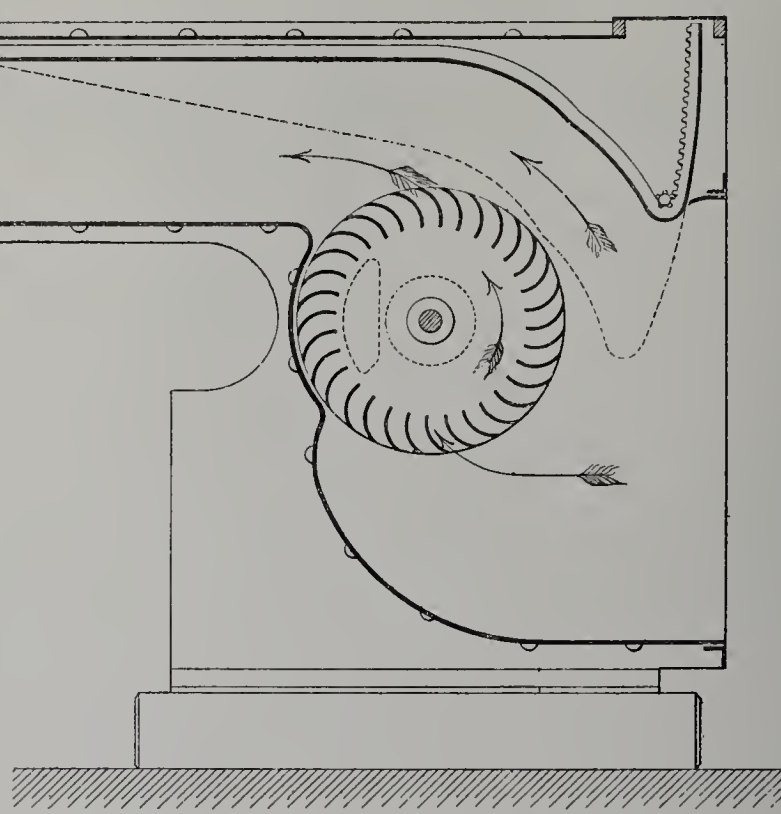


Fig. 224. — Ventilateur multiplicateur Mortier.

celui qui a traversé le ventilateur en augmentant d'autant le débit total de l'appareil. C'est sur ce dernier principe que la maison Galland a établi ses ventilateurs multi-

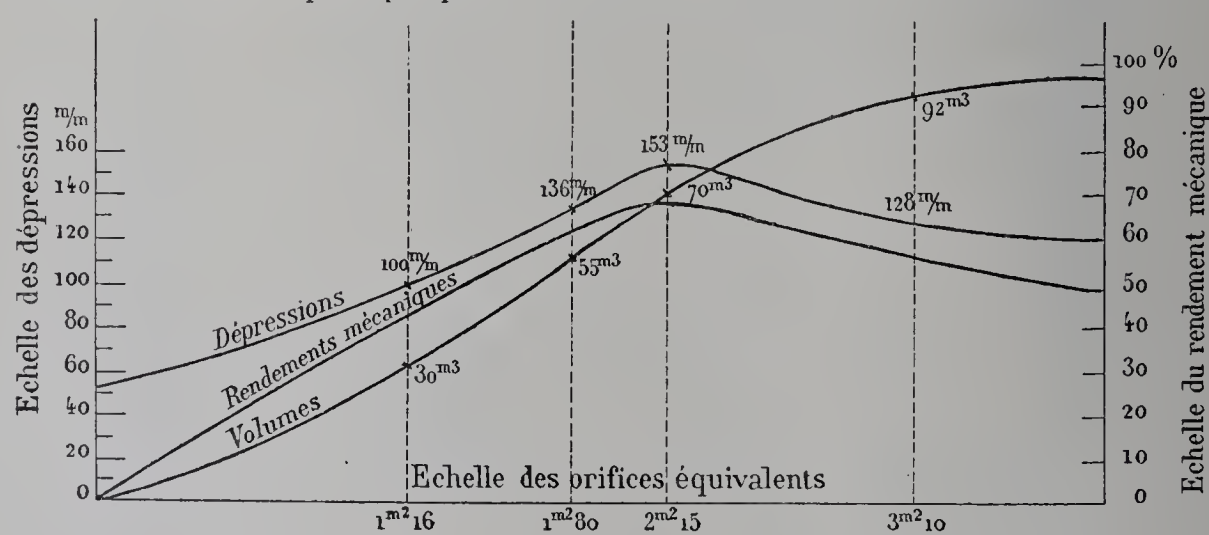


Fig. 225. — Courbes caractéristiques d'un ventilateur Mortier de $2^{m}40 \times 1^{m}90$ à la vitesse circonférentielle de $36^{m}500$, soit 290 tours (Mines de Lens).

plicateurs Mortier (série F) pour grands débits et faibles pressions. Nous donnons ci-dessus (fig. 224) la coupe d'un de ces appareils; le type exposé était mû par un moteur électrique. On voit sur cet appareil que la partie supérieure est constituée

par une tôle mobile à crémaillère qui permet de régler à volonté l'espace libre entre ce volet et la roue et, par suite, d'obtenir le débit voulu.

Les appareils des séries A, B, C, D et F de la maison Galland, exposés aussi, ne comportent pas cette disposition de volet.

Voici les caractéristiques principales d'un type A exposé :

Diamètre extérieur de la roue	1^{m} 20
Largeur extérieure de la roue	0^{m} 800
Orifice équivalent	0^{m2}480
Dépression à la vitesse tangentielle de 30 mètres	0^{m} 950
Débit en mètres cubes à la seconde	7 à 14^{m3}
Force nécessaire en chevaux	15 à 45 HP.

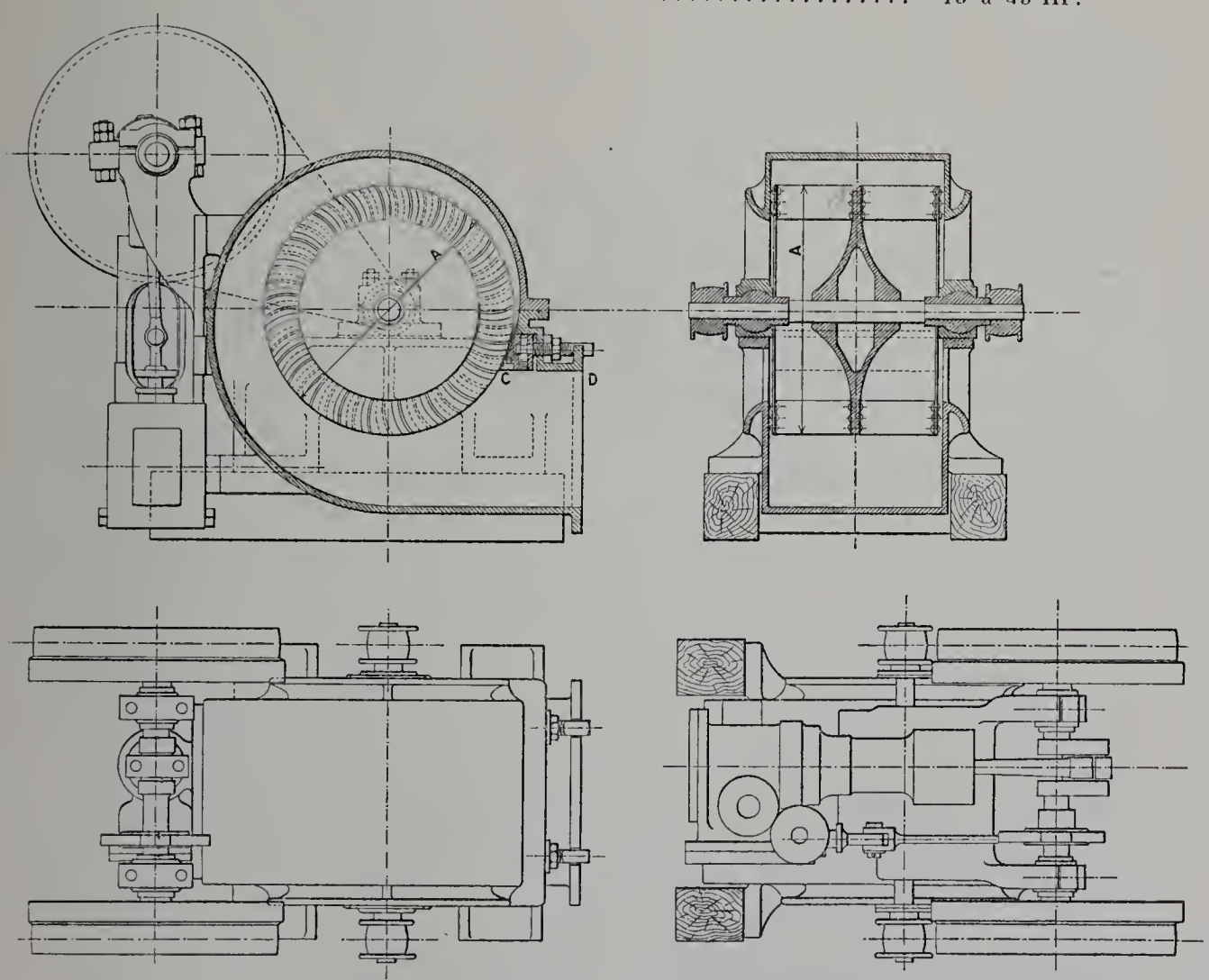


Fig. 226. — Ventilateur soufflant, système Fournier Cornu.

Pour donner des éléments qui permettront de se rendre compte des rendements susceptibles d'être obtenus avec cet appareil, nous joignons à cette rapide notice le diagramme (fig. 225) des courbes caractéristiques du ventilateur essayé aux Mines de Lens. Ce ventilateur avait une roue de 2 m. 40 × 1 m. 90, tournant à 290 tours (soit une vitesse circonférentielle de 36 m. 50).

Ventilateur Fournier-Cornu.

Le ventilateur système Fournier-Cornu présente une combinaison de la roue Mortier et de l'admission centrale par de larges ouïes latérales dont le diamètre atteint les $\frac{74}{100}$ du diamètre de la turbine. La figure 226 montre la disposition intérieure d'un de ces ventilateurs. La turbine est entourée d'un collecteur terminé par une buse à section carrée sur laquelle on fixe la conduite d'air ou l'amortisseur.

La turbine est formée d'un disque en fonte sur chaque côté duquel sont rivées des ailettes en tôle très mince dont la largeur diamétrale est égale aux $\frac{13}{100}$ du diamètre A de la turbine. Ces ailettes sont cylindriques, le rayon de base du cylindre égal aux $\frac{20}{100}$ de A. L'autre extrémité de chaque ailette est rivée sur une couronne en tôle dont le diamètre extérieur est égal au diamètre DA et le diamètre intérieur égal à celui des ouïes, soit aux $\frac{74}{100}$ de A. Le tout est fixé sur un arbre en fer portant à chacune de ses extrémités une poulie qui reçoit son mouvement par l'intermédiaire d'une courroie, laquelle est actionnée directement par les volants du moteur qui peut faire partie ou non du ventilateur.

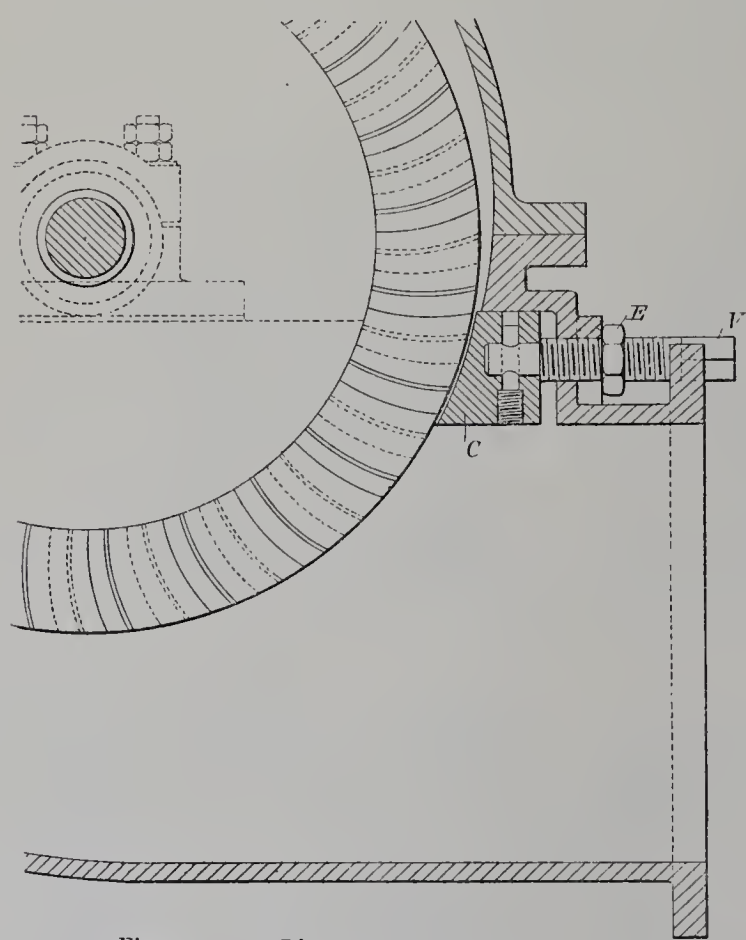


Fig. 227. — Disposition du coin de réglage du ventilateur Fournier-Cornu.

La largeur de la turbine est variable, elle peut être supérieure, égale ou inférieure au diamètre A.

L'orifice de sortie ou buse a la même largeur que la turbine, et sa hauteur est de $\frac{55}{100}$ de A. La partie supérieure de cette buse se trouve en dessous du diamètre horizontal passant par le centre de la turbine à une distance égale au $\frac{1}{4}$ de A; les ailettes cylindriques sont combinées avec cette buse de façon à ce que, lorsqu'elles passent devant l'arête C, elles soient tangentes par leur extrémité extérieure à la paroi supérieure CD. Cette disposition a pour but d'éviter le choc de l'air refoulé sur cette paroi de la buse, en la faisant sortir parallèlement à celle-ci.

Ces appareils sont munis d'un dispositif permettant, par un réglage précis, de sup-

primer le bruit que produit la rotation de la turbine. Il se compose (fig. 227) d'un coin en fonte C, logé dans une cavité portée par la carcasse à la partie supérieure de la buse de sortie. Ce coin se termine par une courbe cylindrique concentrique et de même diamètre que la périphérie de la turbine; il peut être à volonté rapproché de la turbine au moyen d'une vis V de façon à ne laisser entre lui et la turbine que le jeu strictement nécessaire, ce qui supprime tout bruit pendant le fonctionnement de l'appareil. Les vis V, qui servent à régler l'écartement de ce coin, sont munies de contre-écrous E qui assurent leur immobilité après réglage.

Ces ventilateurs peuvent être aspirants ou soufflants, et peuvent atteindre un rendement de 82 p. 100.

Ventilateur Geneste-Herscher (maison Pinette).

Le ventilateur Geneste-Herscher est à aubes coniques cylindriques divergentes; il est très souple comme marche et permet d'obtenir des rendements élevés avec des orifices équivalents variant dans de grandes proportions.

La figure 228 montre la disposition intérieure d'un de ces ventilateurs comprenant : 1° la roue à ailettes; 2° l'arbre; 3° l'ouïe; 4° le collecteur.

1° *Roue à ailettes.* — Cette roue se compose d'un plateau circulaire en tôle d'acier MM′ fixé à un moyeu Q qui est lui-même claveté sur un arbre de rotation R. Sur ce plateau sont fixées 24 à 30 ailettes en tôle d'acier. L'ailette est à simple courbure, elle est constituée par une portion de surface développable conique ou cylindrique-conique. La figure 228 montre la disposition de ces ailettes. La partie GH est enroulée sur un cône oblique à section circulaire dont la génératrice qui a sa trace en H est perpendiculaire au plan de la turbine. Le reste de l'ailette HI est enroulé sur une surface cylindrique. Ces ailettes coupent la couronne sous un angle variable de 40 à 30 degrés.

La hauteur des ailettes n'est pas constante. Elle diminue à partir des deux extrémités jusqu'au milieu CD où cette hauteur est minima. L'étranglement CD suivi de l'élargissement PM permet d'abord d'imprimer la vitesse d'entraînement dont sont animées les ailettes, non seulement au filet central de la veine fluide, mais à toute une série de filets parallèles (d'où meilleure utilisation de cette vitesse d'entraînement); l'élargissement vers PM permet en outre de disperser le fluide à son arrivée dans le collecteur et de l'y étaler sans produire de remous nuisibles.

Ces dispositions des ailettes, comme forme et comme hauteur, sont caractéristiques du système Geneste-Herscher. La roue porte en son centre une sorte de tore conique S en laiton embouti ou en cuivre, fixé à son sommet sur l'arbre de la roue et à sa base sur le plateau à la naissance des ailettes.

Arbre. — La roue est montée sur l'arbre de rotation R qui repose sur deux paliers T, T′ placés symétriquemant. L'arbre R a des sections décroissantes depuis le point d'attache de la roue jusqu'à ses extrémités, de manière à constituer un solide d'égale résistance à la flexion et à la torsion.

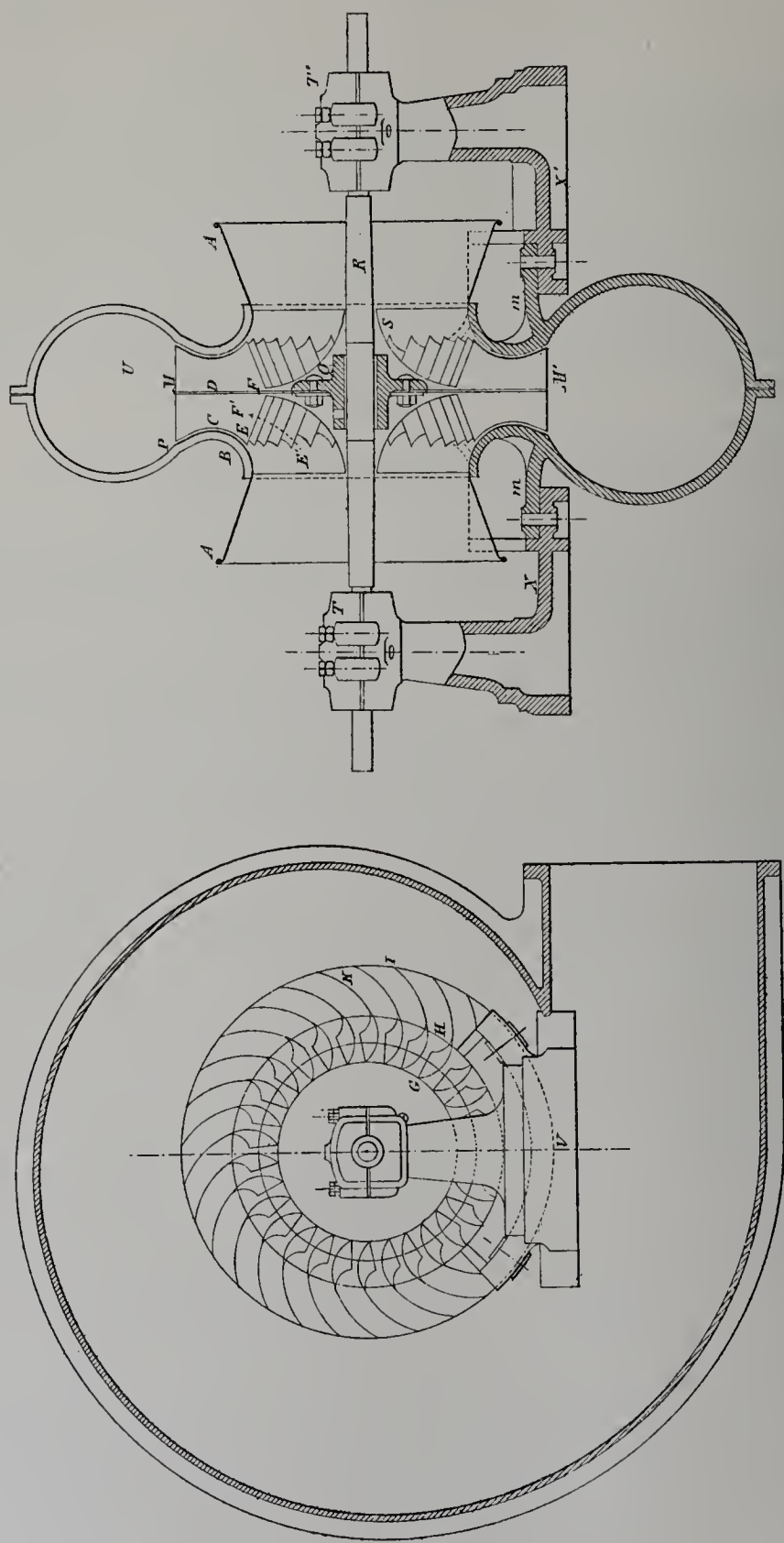


Fig. 228. — Coupes longitudinale et transversale d'un ventilateur, système Geneste-Herscher.

Ouïe. — Le ventilateur porte deux ouïes coniques convergentes fixées sur les flasques de l'enveloppe. Ces ouïes et les tores coniques S guident le fluide à l'intérieur de l'appareil, en évitant les contractions de la veine fluide et réduisant les pertes de charges

résultant de son passage dans l'ouïe et dans le coude reliant cette dernière aux canaux formés par les ailettes.

De plus la contraction de la veine fluide est très réduite par suite des sections décroissantes depuis l'ouïe jusqu'au milieu des ailettes.

Collecteur. — Enfin la roue R tourne dans une enveloppe comprenant deux flasques latérales courbes suivant le contour des ailettes, et se terminant par le collecteur. Ce collecteur entoure la roue; il est à sections croissantes suivant la méthode ordinaire, et se termine par le canal de refoulement ou par un amortisseur.

Comme nous l'avons dit, le ventilateur Geneste-Herscher possède une marche très

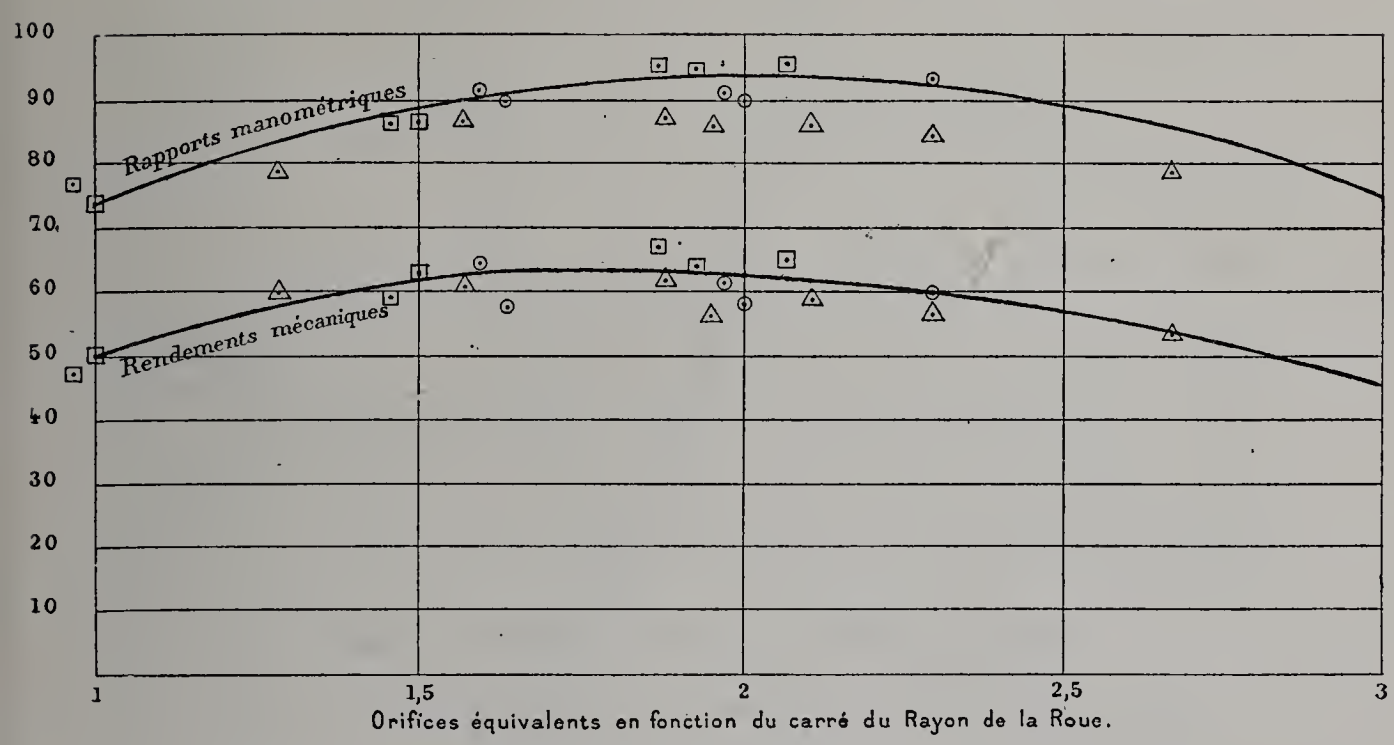


Fig. 229. — Essais d'un ventilateur, système Geneste-Herscher, de 0 m. 600 de diamètre. Modèle réduit du type spécial aspirant pour mines.

⊙ Ventilateur complet avec poches d'aspiration en fonte, culotte les réunissant, tuyau d'aspiration de 1 mètre et diffuseur.

⊡ Ventilateur aspirant et soufflant avec poches d'aspiration en fonte, culotte les réunissant, tuyau d'aspiration de 1 mètre, diffuseur de 1 mètre, buses rétrécies à 30 degrés.

△ Ventilateur complet comme ⊙, mais avec poches d'aspiration en tôle, très larges, mais dirigeant mal l'air, ce qui explique que ces points sont généralement trop bas.

élastique qui lui permet de conserver de bons rendements avec des variations considérables (du simple au triple) d'orifices équivalents.

Le rendement mécanique peut s'élever au-dessus de 65 p. 100.

Les courbes de la figure 229 représentent les variations de ces rendements et du rapport manométrique dans des essais faits sur un ventilateur aspirant de 0 m. 600 de diamètre, les orifices équivalents variant du simple au triple.

Enfin nous donnons également (fig. 230) les résultats obtenus aux mines de Blanzy avec un ventilateur de ce système de 1 m. 450 de diamètre de roue, commandé par deux machines à vapeur accouplées de 0 m. 475 × 0 m. 700.

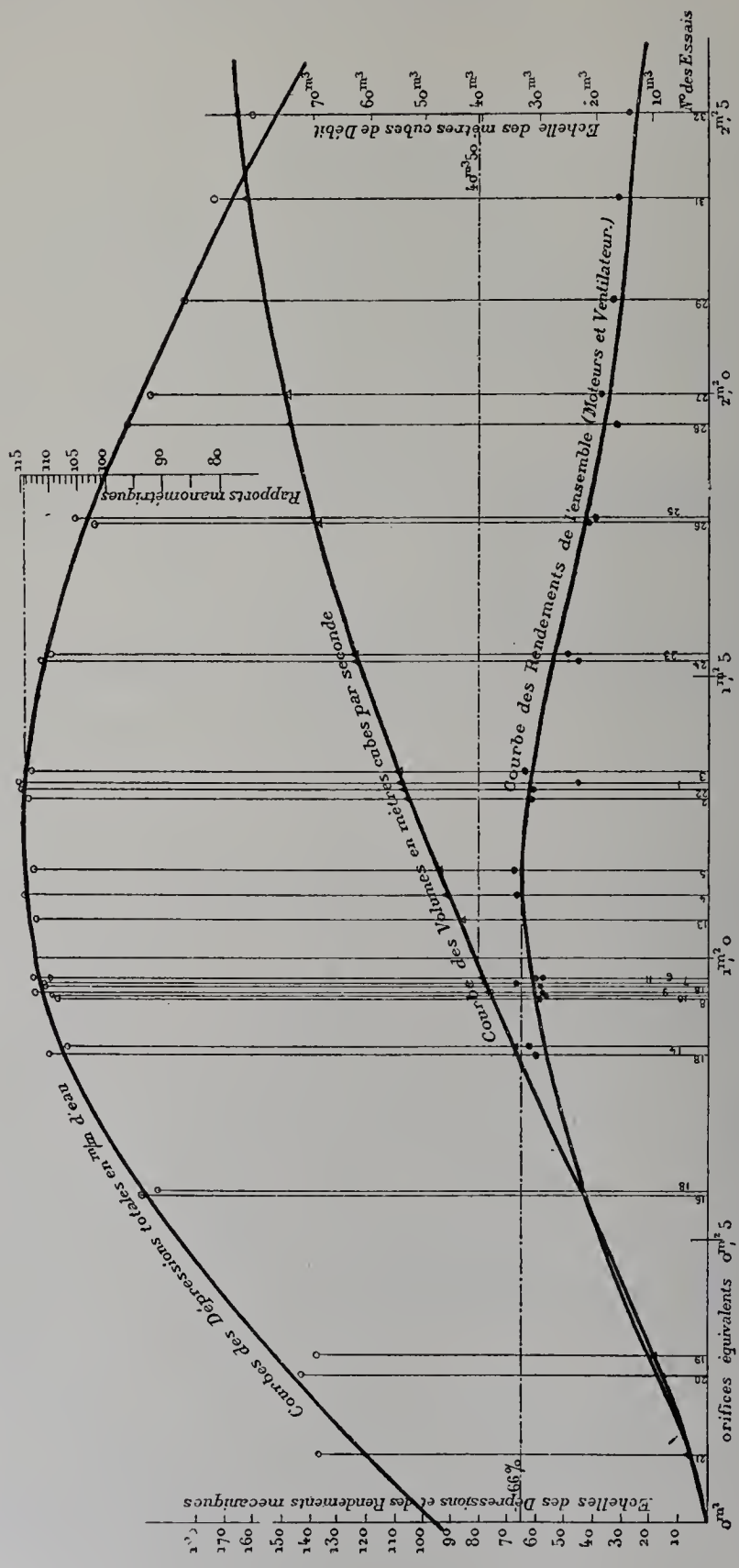


Fig. 230. — Courbes caractéristiques d'un ventilateur Geneste-Herscher (Mines de Blanzy).

Dans la marche à 545 tours sur un orifice équivalent de 1 mètre carré, on a obtenu 238 millimètres de dépression et 40^{m3} 50 de débit. Le tableau que nous donnons représente les résultats ramenés à la vitesse de 545 tours (dépressions, rapport ma-

nométrique, volumes débités et rendement mécanique de l'ensemble moteur-ventilateur).

On voit que le rendement mécanique maximum est obtenu sur l'orifice équivalent de 1.15 environ, alors que le rapport manométrique est obtenu sensiblement sur celui de 1.25. Le ventilateur de 1 m. 450 donne donc les rendements maxima sur un orifice équivalent égal à 1,20, soit 2,3 R^2 (R étant le rayon de la roue).

Ajutage convergent-divergent de la Compagnie des houillères de Saint-Étienne.

Cet ajutage est destiné à remplacer la porte à guichet, pour accroître l'intensité du courant d'air d'un circuit dérivé.

Il est disposé sur la branche d'air d'un circuit principal d'exploitation. Le tuyau métallique de conduite d'air du circuit dérivé débouche dans la section contractée de l'ajutage; le courant principal dont on accélère progressivement la vitesse, pour l'amortir dans l'élément divergent de l'appareil, produit dans la section contractée une dépression locale qui active la ventilation de l'ouvrage préparatoire.

L'ajutage en question a été installé à l'intérieur des travaux de la mine du puits Saint-Louis, et a permis d'obtenir sur le circuit dérivé une dépression supplémentaire de 12 millimètres d'eau.

L'ajutage ne diminue la section de l'orifice équivalent de l'ensemble de la mine que de 6 p. 100, alors que les portes à guichet ordinaires, substituées à cet appareil, le réduiraient de 22 p. 100 si on voulait réaliser la même intensité de courant dans le circuit dérivé.

Appareil réchauffeur d'air des mines de Montrambert et de la Béraudière.

Cet appareil est destiné à empêcher la formation des glaces contre les parois des murs à l'arrivée de l'air extérieur d'aérage. Ce fait peut en effet se produire pendant les hivers rigoureux, et constitue alors un danger sérieux pour la circulation des hommes surtout au moment du dégel. Dans certains cas, ces glaces ont été assez abondantes pour interrompre le service de l'extraction.

On a cherché alors à réchauffer l'air par un jet de vapeur dans le puits.

Au puits Ferrouillat (La Béraudière), on a adopté une autre méthode qui consiste à réchauffer artificiellement une partie de l'air appelé dans le puits pour en élever la température.

Dans ce but, on a disposé à une faible profondeur une galerie débouchant dans le puits et communiquant avec l'air extérieur. Dans cette courte galerie se trouve (fig. 231) une batterie en échelons de 216 tubes à ailettes du modèle usité pour le chauffage à vapeur système Koerting.

Ces tubes, en communication avec les chaudières, sont parcourus par de la vapeur

d'eau. Ils sont disposés contre et au-dessus de l'orifice extérieur de la galerie occupé entièrement par un ventilateur hélicoïde Rateau. A l'autre extrémité de la batterie des tubes se trouve un petit mur occupant plus de la moitié de la section de la galerie. L'air insufflé par le ventilateur est donc obligé de traverser la batterie des tubes en s'échauffant fortement, il pénètre ensuite dans le puits où il se mélange à l'air froid entrant directement par l'orifice du puits, air dont il élève la température au degré voulu.

La batterie est divisée en 5 groupes indépendants munis chacun d'un robinet de vapeur et d'un purgeur automatique, afin de pouvoir proportionner en tout temps le réchauffement à la température ambiante. Il convient, en effet, de ne pas trop relever la température finale à cause des troubles qui pourraient en résulter pour l'aérage. Le premier groupe, celui qui doit toujours fonctionner en premier lieu, est formé par les deux rangées inférieures de chaque échelon; cette précaution a paru utile pour éviter

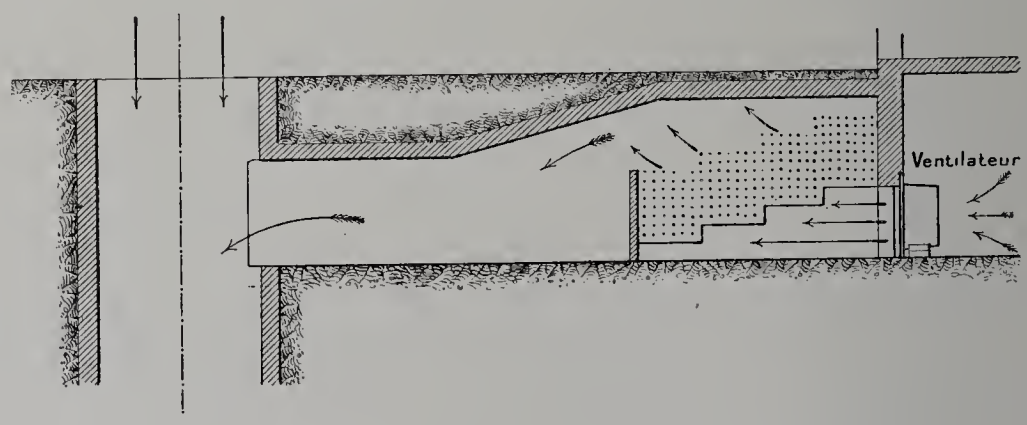


Fig. 231. — Réchauffeur d'air des Mines de Montrambert et de la Béraudière.

que de l'eau condensée ne vienne à se congeler dans ces tubes. Les rangées supérieures des quatre échelons constituent les autres groupes.

Le timbre des chaudières étant de 8 kilogrammes, l'interposition d'un modérateur de pression est nécessaire pour que la pression dans les tubes ne dépasse pas 4 kilogrammes.

La surface de chauffe totale est de 864 mètres carrés.

Elle a été calculée pour réchauffer de —18 degrés à +40 degrés 16 mètres cubes d'air par seconde, lancés par le ventilateur; cet air chaud, se mélangeant à 24 mètres cubes à —18 degrés rentrant par l'orifice du puits, ramène la température moyenne à +2 degrés.

Le ventilateur hélicoïde a 1 m. 60 de diamètre et tourne à raison de 400 tours par minute; il porte un cylindre moteur à action directe de 120 millimètres de diamètre et 100 millimètres de course.

La Compagnie a l'intention de créer des installations semblables dans deux autres puits (Saint-Dominique et Marseille).

CONTRÔLE DE L'AÉRAGE.

Mesurages du courant d'air et du grisou des houillères de Ronchamp.

Les mines de Ronchamp, qui possèdent des couches très grisouteuses, exposaient des appareils relatifs à un procédé dû à M. Poussigue, directeur de la Société, pour les mesurages précis du courant d'air et du grisou, mesurages qui permettent d'être renseigné à chaque instant sur la marche des courants d'air et leur teneur en gaz inflammable.

Les mesures prises par la Compagnie sont très rigoureuses; elles consistent en une surveillance précise et constante de l'aérage et en analyses fréquentes de l'atmosphère des galeries et des vieux travaux.

Les règles suivies pour l'organisation de cette surveillance, les méthodes employées pour les prises d'air, pour les analyses et pour les mesures des courants d'air ont fait l'objet d'une notice très complète de M. Poussigue, que nous allons analyser sommairement en développant particulièrement les mesures relatives aux vieux travaux, pour lesquelles M. Poussigue a établi un appareil de mesure particulier.

Surveillance de l'aérage. — Cette surveillance s'exerce au moyen d'expériences très régulières faites au moyen de l'anémomètre Casartelli dans toutes les galeries principales d'entrée et de sortie de l'air. Ces expériences ont pour but de déterminer ou d'établir :

1° La vitesse moyenne de marche des ventilateurs;

2° La dépression produite par ces appareils;

3° La dépression produite par d'autres causes que les ventilateurs (*ces dépressions, étant données les profondeurs des puits, sont loin d'être négligeables*);

4° Le volume d'air circulant dans les travaux, provoqué par l'aérage forcé ou l'aérage naturel;

5° L'orifice équivalent de la mine et de ses subdivisions;

6° La division des courants d'air dans la mine;

7° La dépression employée dans chaque quartier;

8° Les températures des courants partiels, spécialement aux points extrêmes du parcours.

Chaque puits est muni d'appareils de ventilation qui lui sont particuliers; ces appareils sont doubles, de façon que l'on puisse parer à un arrêt accidentel de l'appareil en fonctionnement, en mettant immédiatement en marche l'appareil de rechange. Un règlement très sévère régit la marche de ces appareils, qui sont directement sous les ordres de l'ingénieur, et qui font l'objet d'un ordre de service très précis. Ils sont contrôlés par des indicateurs de pression enregistreurs, et par un compteur de tours placé sur la machine. De plus, un appareil indicateur auxiliaire de dépressions est placé dans la salle des machines. Il est formé d'un tube en ⊔ contenant de l'eau; une des branches

débouche dans l'air extérieur, l'autre se continue par un tube en cuivre de même diamètre, qui vient aboutir dans la galerie du ventilateur près de l'ouïe, normalement à la direction du courant, en un point où celui-ci est faible.

Les expériences sont toujours faites au même moment de la journée, entre midi et 5 heures du soir; c'est le moment le plus chaud de la journée et où les volumes sont les plus petits possible en raison de la dépression naturelle plus faible.

La teneur en grisou au ventilateur est aussi la plus forte, car c'est l'instant où l'on manipule le plus de charbon dans la mine. Comme d'autre part on arrête le ventilateur à 5 heures du soir pour le graissage, on profite de ce moment d'arrêt pour jauger le volume naturel.

Nous n'insisterons pas sur les opérations et calculs auxquels donnent lieu ces expériences et qu'on retrouvera en détail dans la notice de M. Poussigue. Tous les résultats font l'objet de diagrammes et de tableaux remis à l'ingénieur et à la direction. Il est tenu d'autre part des plans d'aérage mensuels dans lesquels sont indiqués le sens des courants d'air, les volumes débités aux points principaux, les portes d'aérage, tuyaux, etc.

Les états et plans précédents sont résumés chaque mois sur un registre particulier d'aérage.

Analyses d'air. — Ces analyses d'air sont faites par un service de contrôle spécial créé en 1891 et ont pour but :

1° De connaître chaque jour la teneur exacte en grisou de l'air de tous les retours d'air de la mine et des galeries d'exploitation;

2° De déterminer périodiquement la nature des gaz enfermés dans les vieux travaux ou s'en dégageant;

3° Enfin, d'analyser l'air des cloches, ou celui sortant des fissures, de failles, etc.

Ces expériences permettent de suivre au jour le jour l'importance et la variation des dégagements de grisou et sont d'une grande utilité pour l'étude de l'aérage de la mine.

Les prises d'essais, opérées très soigneusement, se font :

1° Au sortir de la dernière taille de chaque quartier de la mine;

2° Avant l'arrivée au puits de retour;

3° Aux points que l'on désire surveiller plus spécialement;

4° Dans les vieux travaux ou dans les remblais, grâce à des dispositions spéciales.

On utilise pour ces prises des flacons de 1 litre et demi de capacité présentant une tubulure dans le bas.

Dans les endroits où l'on fait des prises régulières, ces flacons sont placés à poste fixe à mi-hauteur de la galerie. La tubulure inférieure est placée contre le courant d'air. Les deux tubulures sont ouvertes. Après vingt-quatre heures de séjour dans la galerie, on ferme les deux orifices par des bouchons de caoutchouc et on emporte le flacon après y avoir inscrit les indications nécessaires (date et lieu de la prise).

Dans les autres endroits où les prises sont accidentelles seulement, on se contente de

vider le flacon après l'avoir rempli d'eau, et on le bouche ensuite soigneusement. On peut d'ailleurs utiliser dans ce but une simple bouteille ordinaire.

Cas des vieux travaux. — Pour permettre les prises du gaz enfermé dans les remblais, on laisse de temps en temps dans les piliers (fig. 232), au moment de leur formation, de petites chambres de 2 mètres sur 2 mètres au centre du massif remblayé. Un tube vient aboutir par une de ses extrémités dans cette chambre et débouche par l'autre dans la galerie supérieure du chantier. Les prises se font au moyen d'une petite pompe à main qui aspire l'air de la chambre et le refoule dans le flacon. Tous ces flacons sont rangés par 6 dans des caisses que l'on porte au bureau des essais.

Méthodes d'analyse. — La méthode d'analyse employée à Ronchamp est la méthode par limite d'inflammabilité. Elle repose sur les limites d'inflammabilité déterminées par M. Le Chatelier pour les gaz combustibles. On connaît cette méthode, qui fait d'ailleurs l'objet d'une notice dans ce rapport.

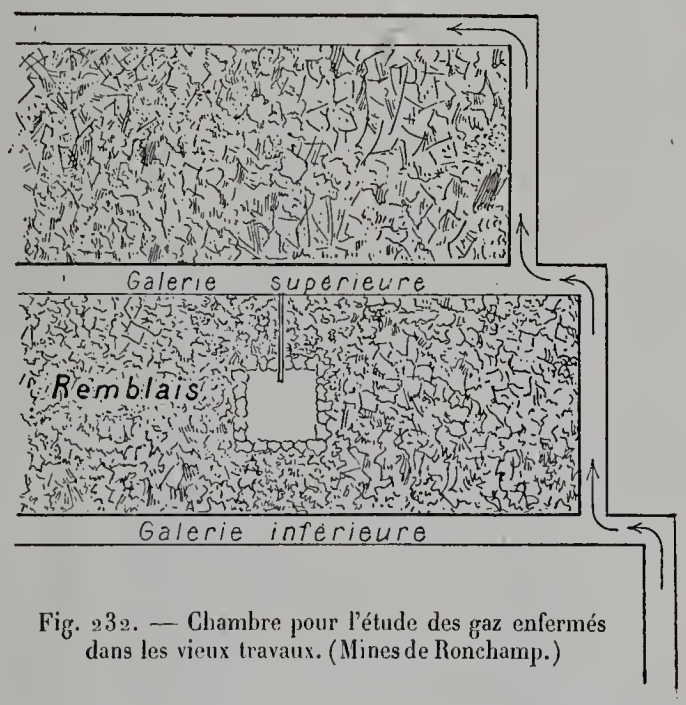


Fig. 232. — Chambre pour l'étude des gaz enfermés dans les vieux travaux. (Mines de Ronchamp.)

Nous n'insisterons donc pas sur ces analyses relatives aux gaz des galeries qui ne présentent aucune difficulté particulière. Il n'en est pas de même des gaz retirés des vieux travaux.

En effet, dans ces gaz il y a augmentation de la teneur en acide carbonique et diminution de celle d'oxygène. La limite d'inflammabilité dans ce cas n'est pas la même que dans le cas de l'air normal. Si pour ce dernier il faut 6.1 p. 100 de protocarbure pour atteindre la limite, avec de l'air contenant moins d'oxygène, ou plus d'acide carbonique que l'air normal, il faudra plus de 6.1 p. 100 pour atteindre cette limite.

La méthode par limite d'inflammabilité n'est donc pas suffisamment exacte et on utilise alors un appareil construit sur les indications de M. Poussigue. Cet appareil, qui repose sur la méthode directe d'analyse, est le suivant.

Appareil pour l'essai de l'atmosphère des vieux travaux. — Il se compose (fig. 233) de trois parties : le mesureur, le brûleur et le laveur.

Mesureur. — Un tube T gradué en dixièmes de centimètres cubes est relié par sa partie inférieure à l'aide d'un tube en caoutchouc à un réservoir mobile K contenant de l'eau.

Ce tube T porte un renflement M à sa partie supérieure et se termine par une tubulure à trois directions (F, E, D) munie d'un robinet K à deux voies perpendicu-

laires. La capacité du mesureur est d'environ 200 centimètres cubes et la partie graduée comprend 20 à 25 centimètres cubes.

Au-dessus de la partie graduée vient se souder un tube vertical *t* divisé en millimètres et qui sert de manomètre.

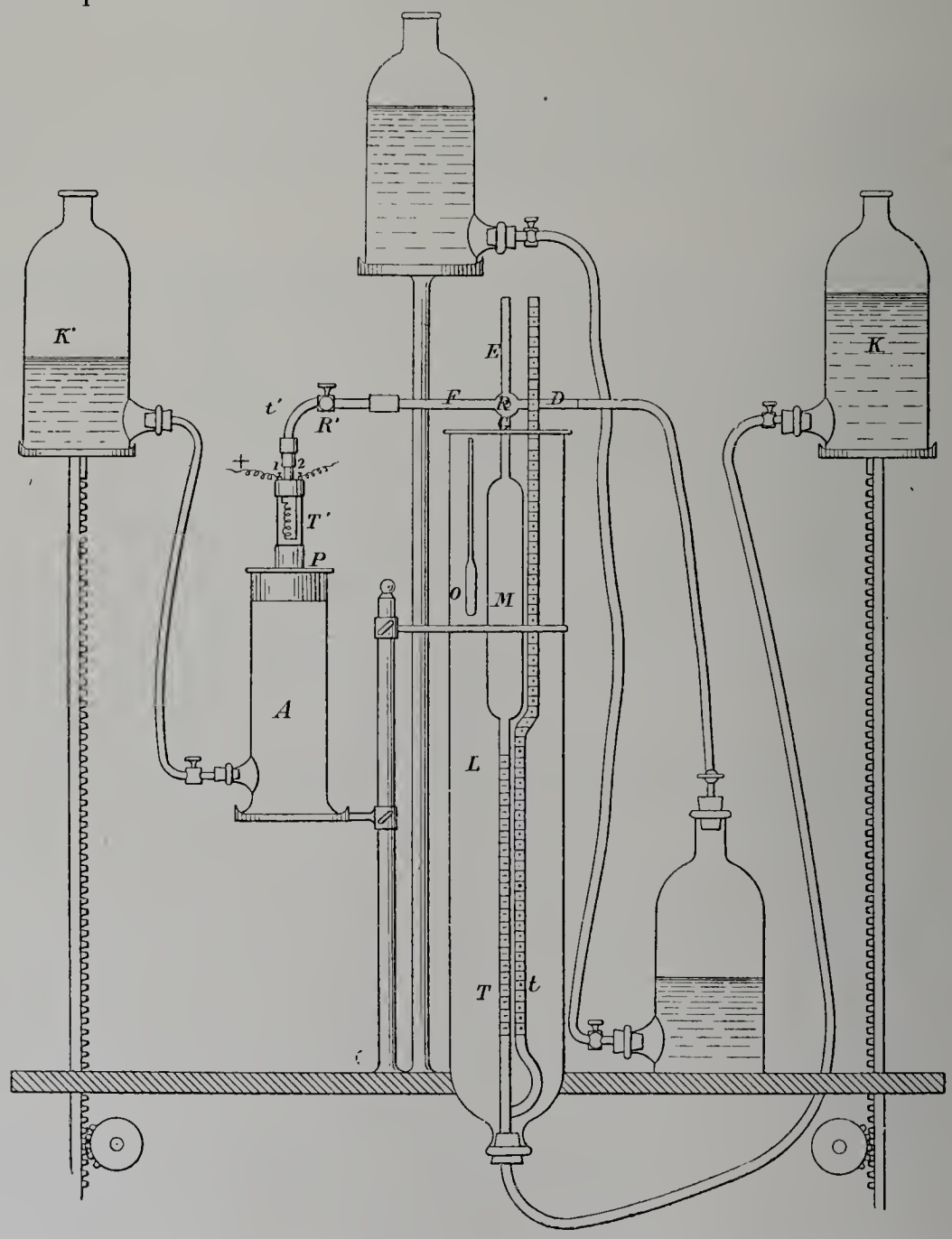


Fig. 233. — Appareil pour l'essai de l'atmosphère des vieux travaux. (Mines de Ronchamp.)

Le mesureur tout entier est plongé dans un réservoir en verre L dans lequel circule de l'eau à température constante; le thermomètre *o* indique cette température.

Brûleur (fig. 234). — Cette partie de l'appareil se compose d'un tube en cristal de 0 m. 015 de diamètre environ et de 65 millimètres de longueur, recevant à chaque extrémité une armature métallique, et contenant une spirale de platine dont les extré-

mités aboutissent aux bornes 1 et 2 placées sur l'armature supérieure. Celle-ci porte en outre une tubulure t' et un robinet R′ que l'on relie au brûleur par un caoutchouc épais. L'armature métallique inférieure P du brûleur se visse sur la troisième partie du grisoumètre A.

Laveur. — Le laveur A est un vase cylindrique en verre tubulé à la partie inférieure et en communication par un caoutchouc avec un flacon K′ contenant de la potasse caustique.

La partie supérieure reçoit le brûleur et dans le vide A se trouvent placés des tubes de verre.

L'appareil tout entier est placé sur une table, et les flacons K et K′ sur des supports à crémaillère pouvant être facilement élevés ou abaissés.

Une batterie de piles au bichromate, ou une dérivation de courant, complète l'appareil.

Voici comment on procède à une analyse avec cet appareil :

1° Les deux flacons K et K′ occupant la position la plus basse, on tourne le robinet R de manière que F communique avec E. On ouvre R′ et on élève le flacon K′ jusqu'à ce que liquide soit arrivé à toucher R′; on ferme celui-ci, et on ramène le flacon K′ dans sa position primitive.

2° On tourne R de manière que D et G soient en communication. On élève le flacon K, l'air du mesureur est expulsé; lorsque l'eau arrive au robinet G, on tourne R pour que D et E communiquent; puis on ramène le flacon K à sa position primitive.

3° On relie D par un caoutchouc au flacon de prise d'essai, qui, recevant par sa tubulure inférieure de l'eau sous pression, laisse échapper son gaz. On purge ainsi tout le tube. On tourne R pour que D communique avec le mesureur; l'air à essayer pénètre dans celui-ci. Lorsqu'il y a environ 200 centimètres cubes, on interrompt l'arrivée de gaz, et on met F en communication avec G en manœuvrant R. On laisse se rétablir l'équilibre des températures, et on note le volume compris dans le mesureur, et la hauteur d'eau du manomètre t, ainsi que la température.

4° On ouvre le robinet R′ et on élève le flacon K; le gaz du mesureur est refoulé dans le brûleur d'abord, dans le laveur ensuite. Lorsque l'eau est arrivée au robinet R, on abaisse le flacon K et on lève le flacon K′, puis de nouveau le flacon K et cela plusieurs fois en laissant chaque fois le gaz séjourner dans le laveur quelques instants. Finalement on remet toutes choses dans l'état primitif. On note la température, la pression et le volume. On peut ainsi calculer la quantité de CO^2 contenue dans l'air soumis à l'analyse.

5° On recommence comme en (4°), mais en faisant passer le courant dès que la spirale de platine ne plonge plus dans le liquide. Le grisou brûle, l'acide carbonique formé est absorbé au fur et à mesure dans le laveur. Enfin on arrête le courant et, après refroidissement suffisant du brûleur pour éviter les ruptures du tube, on ramène le liquide en R′ que l'on ferme.

On note encore la pression, la température et on lit le volume. On a tous les éléments pour terminer l'analyse.

IMPRIMERIE NATIONALE.

L'opération complète dure environ vingt minutes.

De la perte totale de gaz on retranche l'acide carbonique trouvé dans la première partie de l'expérience et le surplus provient de la transformation du grisou en acide carbonique et en eau.

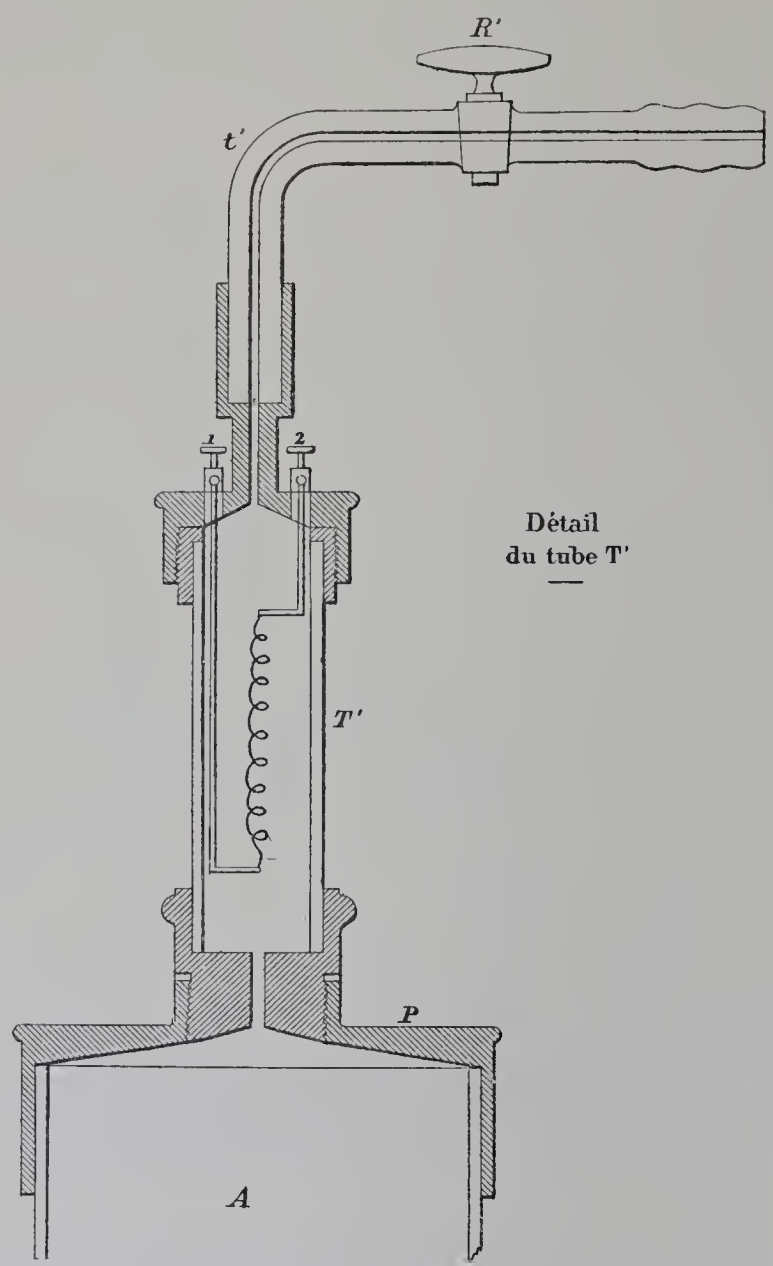


Fig. 234. — Appareil pour l'essai de l'atmosphère des vieux travaux (Mines de Ronchamp). — Détail du brûleur.

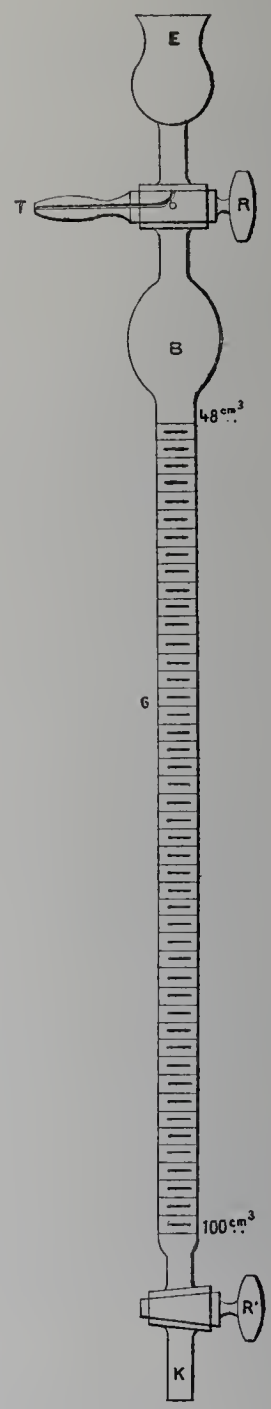


Fig. 235. — Appareil doseur d'oxygène (Mines de Ronchamp).

Or un volume de protocarbure exige deux volumes d'oxygène pour sa combustion : comme on absorbe la totalité des produits, la diminution de volume constatée sera donc égale à trois fois la teneur en protocarbure.

On voit que le procédé en lui-même comporte une grande précision, puisque l'erreur commise, qui ne peut être que faible d'ailleurs, est elle-même divisée par 3.

Pour que l'analyse puisse donner toute garantie d'exactitude, il faut être sûr que l'air essayé contient assez d'oxygène pour brûler le grisou qui peut se trouver dans le mélange.

On peut donc être amené à doser cet oxygène. Pour cela on emploie la méthode du pyrogallate de potasse. L'appareil se compose (fig. 235) d'un tube gradué G terminé par une boule B; le volume total du tube et de la boule est de 100 centimètres cubes. A la partie inférieure se trouve un robinet.

Au sommet de la boule un robinet également, présentant une troisième ouverture T suivant l'axe longitudinal. Un entonnoir E fait suite au robinet. Cet entonnoir peut communiquer par la base avec la boule par la voie ordinaire du robinet R et avec l'air extérieur par la tubulure T.

L'appareil est maintenu fixe et vertical par un support. Après avoir rempli d'eau la partie BG, on ferme le robinet R′ et le robinet R, de manière à isoler la boule B de l'atmosphère; on place l'éprouvette sur son support et on fait plonger l'extrémité inférieure K de quelques centimètres dans la cuve à eau.

On met alors T en communication, par un caoutchouc, avec le robinet à vis du flacon à prise d'essai. On fait arriver de l'eau dans ce flacon par la tubulure inférieure; on ouvre le robinet à vis et on purge ainsi le tube en caoutchouc de l'air extérieur; puis on tourne R pour mettre B en communication avec T. On ouvre R′, le gaz à analyser entre dans le mesureur, pendant que l'eau que contient celui-ci tombe dans la cuve à eau. Lorsqu'on a recueilli un certain volume, 90 à 100 centimètres cubes, on ferme R pour isoler complètement B, et on supprime la communication de T avec le flacon à gaz, après avoir serré l'extrémité du caoutchouc avec une pince de Mohr et fermé le robinet à vis du flacon. Le robinet R′ reste ouvert.

On fait arriver sur la boule B un filet d'eau, provenant d'un réservoir du laboratoire, afin de mettre tout le mesureur à une température qui sera la même pour toutes les opérations.

Lorsque le volume dans le tube ne varie plus, on fait la lecture, on note ce volume et la pression du gaz. On ferme alors le robinet R′; on place dans l'entonnoir supérieur une solution concentrée d'acide pyrogallique dans l'eau et on introduit, en les laissant tomber dans l'entonnoir, des morceaux de potasse caustique.

Faisant communiquer E avec B, le liquide pyrogallique passe dans le mesureur, et au passage se sature de potasse caustique; il forme du pyrogallate de potasse et vient dissoudre l'oxygène en se colorant fortement. De temps en temps, on ouvre un peu R′, pour purger le mesureur du liquide coloré, et provoquer un appel de liquide neuf. Bien entendu, on renouvelle dans l'entonnoir l'acide pyrogallique et la potasse au fur et à mesure de leur disparition. Quand on a fait entrer dans le tube mesureur environ la capacité de deux entonnoirs d'acide pyrogallique, on ferme R. On enlève le tube de son support, on l'agite en tous sens pendant un instant, puis on le replace sur la cuve à eau. On ouvre R′; le niveau monte dans le mesureur. On place de l'eau ordinaire dans l'entonnoir, et on la fait circuler dans le tube en la remplaçant au fur et à mesure

jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule soit complètement incolore. A ce moment on ferme R et on arrose la boule B avec de l'eau du réservoir pour obtenir la même température qu'au début. Lorsque le volume ne varie plus on lit et on note la pression. On fait la correction de la pression et on a la diminution réelle du volume. Comme le pyrogallate employé contenait un excès de potasse caustique, la disposition du gaz du mesureur comprend l'oxygène de l'acide carbonique. Ce dernier gaz est dosé directement par une opération semblable où la potasse seule est employée.

Autocapteur de M. Petit (Houillères de Saint-Étienne).

Cet appareil, imaginé par M. Petit, ingénieur en chef de la Compagnie des Houillères de Saint-Étienne, est destiné à capter automatiquement et presque sans discontinuité l'air grisouteux de la mine en effectuant des prises d'une durée réglable à volonté, qu'on analyse au laboratoire par la méthode des limites d'inflammabilité.

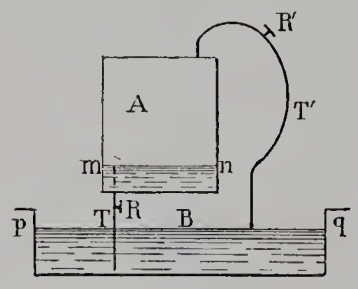


Fig. 236. — Principe de l'autocapteur pour air de mine de M. Petit.

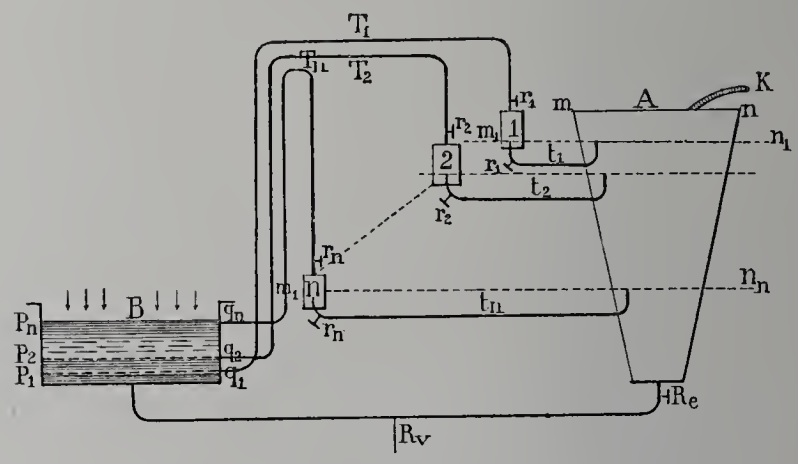


Fig. 237. — Schéma de l'autocapteur de M. Petit disposé pour plusieurs prises successives.

Le but de M. Petit, dans la création de cet appareil, a été d'établir, autant que possible, les variations de teneur en grisou d'un chantier, et de pouvoir suivre l'influence des diverses opérations effectuées dans ce chantier sur le dégagement du grisou.

M. Petit décrit ainsi son appareil :

Le principe est le suivant (fig. 236) : soient deux vases A et B superposés, dont le premier est fermé et rempli d'un liquide quelconque, d'eau par exemple, et dont le second est ouvert et vide. Ces récipients sont raccordés par deux tubulures T, T' munies chacune d'un robinet R, R' : l'une d'elles T sert à l'écoulement progressif de l'eau renfermée en A dans le vase inférieur B ; l'autre T' sert à l'adduction, dans la capacité laissée libre par le liquide de A du gaz (grisou, air grisouteux, etc.), qu'on veut capter, et dans lequel plonge librement le vase B. — Si on donne aux récipients superposés des dimensions relatives convenables, le liquide atteindra la tranche supérieure *mn* de la tubulure T, au moment où, par suite de son élévation dans B, il obstruera l'orifice inférieur de la tubulure T'. On aura opéré de la sorte, en une durée réglable à volonté,

dépendant du degré d'ouverture du robinet R, ainsi que de la hauteur de charge motrice, une prise de gaz d'un volume déterminé V.

Le croquis schématique montre que, lorsque l'écoulement de l'eau s'arrête, toute altération dans la prise de gaz effectuée, sous réserve de l'étanchéité parfaite de R, R', est impossible, puisqu'elle est fermée hydrauliquement.

Pour réaliser un appareil permettant de pratiquer *automatiquement* 1, 2, 3 . . . n prises de même volume, opérées chacune dans le même temps, on a recours à la disposition suivante :

Deux vases A, B (fig. 237), l'un tronconique, l'autre cylindrique, sont réunis à leur base par une tubulure munie d'un robinet d'écoulement R_e et d'un robinet de vidange R_v ; le premier, qu'on remplit d'eau, par exemple, est fermé et ne communique avec l'atmosphère que par un tube capillaire K, garni de coton ; le second est vide et ouvert par le haut.

Une série d'éprouvettes 1, 2, 3 . . . n, placées en cascade, sont reliées, d'une part, au récipient A par les tubes t_1, t_2, t_3 . . . , t_n ; d'autre part, au vase B par les tubes T_1, T_2, T_3 . . . T_n ; au sommet et à la base de chaque éprouvette sont placés sur les tubes des robinets r_1r_1, r_2r_2, r_3r_3 . . . , r_nr_n. Les tubes t_1, t_2 . . . , t_n servent à l'écoulement de l'eau contenue dans les éprouvettes 1, 2, 3 . . . , n, dans la *clepsydre régulatrice* A ; ils sont à dessein recourbés en ⊔. Les tubes T_1, T_2 . . . , T_n, qui débouchent dans le vase B à des hauteurs variables en partant du fond, servent à l'*aspiration* de l'air grisouteux ou d'un gaz quelconque.

Les éprouvettes sont placées à des hauteurs telles que la tranche supérieure de l'une quelconque d'entre elles soit au même niveau que le plan des orifices du tube en ⊔ de la précédente : ainsi l'éprouvette n° 2 a son couvercle dans le plan horizontal m_1n_1 des orifices du tube t_1 d'écoulement d'eau de l'éprouvette n° 1.

Cette description permet de comprendre aisément le fonctionnement de l'appareil. Le robinet R_e étant fermé, et les robinets r_1, r_2 . . . , r_n étant ouverts, on remplit d'eau par exemple, à l'aide d'un entonnoir fixé sur la clepsydre, les éprouvettes 1, 2, 3 . . . n, et les tubes t_1, t_2 . . . , t_n, T_1, T_2 . . . T_n jusqu'à hauteur de la tranche supérieure de A.

On ouvre alors le robinet d'écoulement R_e, dont la section de passage est déterminée pour des prises d'une durée donnée ; le volume d'eau contenu dans l'éprouvette n° 1, augmenté de celui que renferme le régulateur A entre les deux plans horizontaux mn, m_1n_1, s'écoule dans le vase B et vient obstruer l'orifice inférieur du tube à air T_1, à l'instant où le liquide arrive au niveau m_1n_1.

On a ainsi, comme dans le cas théorique supposé plus haut (fig. 236), réalisé, en un temps donné, une prise de gaz d'un volume donné, avec obstruction hydraulique à la base et au sommet de l'éprouvette.

Dès que le niveau de l'eau s'est abaissé dans le régulateur en dessous du plan m_1n_1, le flacon n° 2 commence à se vider à son tour, et les mêmes phénomènes de captage, accompagnés d'une fermeture automatique, se reproduisent jusqu'à la dernière éprouvette de la série.

Considérations générales. — *Éprouvettes.* — Les éprouvettes ont la forme de cylindres de hauteur *aussi faible* que possible, de manière à ce que la vitesse d'écoulement, pendant la durée de la prise, reste sensiblement uniforme, et ne soit point trop influencée par la variation de la charge motrice.

On pourrait faire usage du vase de Mariotte; mais la différence entre les vitesses d'écoulement, initiale et finale, est si faible qu'on peut, sans grand inconvénient, conserver aux éprouvettes la forme qui leur a été donnée.

Le volume de gaz capté par chacune d'elles est constant et s'élève à 0 m.c. 250, dans l'appareil représenté par les figures 1 à 5 de la planche.

La durée de la prise est *uniformément* égale à *une heure;* pour faire varier la période il suffit d'accroître ou de diminuer la section d'ouverture du robinet R_e.

Clepsydre. — La forme tronconique de la clepsydre A est imposée par la condition, à laquelle on s'est proposé de satisfaire, d'effectuer des prises de même capacité en des temps égaux : au fur et à mesure que la charge motrice sur le robinet d'écoulement s'abaisse, le volume de liquide qu'on lui donne à débiter va en diminuant..

Aspirateur. — L'aspirateur B est d'un diamètre plus grand et d'une hauteur plus faible que la clepsydre, pour que la contre-pression, due à l'élévation progressive du liquide dans ce vase, ne ralentisse pas trop l'écoulement.

Tubes. — Le diamètre des tubes à liquide t_1 t_2. . ., t_n peut être quelconque; celui des tubes à gaz T_1, T_2. . ., T_n devra, de préférence, être très petit, de façon à réduire les espaces nuisibles et à ne point trop fausser la prise faite pendant l'heure n, par le gaz pur qui aurait pu se loger dans son tube T_n pendant l'heure $n - 1$.

Construction de l'appareil. — En réalité, l'appareil n'a point la forme qu'indique le croquis fig. 238 : on a cherché, pour des raisons dictées par la pratique des mines, à réduire au minimum son degré d'encombrement.

Les éprouvettes 1, 2, 3. . ., n sont disposées suivant un arc d'hélice (fig. 238); la clepsydre occupe le centre de l'*auto-capteur* et repose sur un socle placé au milieu de l'aspirateur.

Tous les récipients sont constitués par des vases en zinc de 0 millim. 8 d'épaisseur. Les éprouvettes ont un diamètre tel qu'elles peuvent s'introduire facilement, pour l'analyse, dans le manchon de l'appareil Lebreton. On les étage en les plaçant sur des supports en tôle mince fixés, au moyen de vis de pression, sur les colonnettes de l'ossature. Ces flacons métalliques ont l'avantage de pouvoir, sans risque de rupture, être commodément transportés, de la mine au laboratoire, dans des boîtes en bois munies de compartiments et cadenassées au départ.

Les tubes de raccordement sont en cuivre : les tubes à liquide ont 0 m. 005 de diamètre extérieur et 0 m. 004 de diamètre intérieur; les tubes à gaz ont 0 m. 002 d'épaisseur et 0 m. 002 de diamètre intérieur.

Des pointeaux, enfoncés à bloc par le serrage d'écrous, assurent l'étanchéité de la liaison des tubes avec les tubulures des robinets et permettent la substitution *rapide* des éprouvettes vides aux éprouvettes pleines du gaz capté.

L'ossature, sur laquelle se fixent les flacons métalliques, est très légère. Elle est formée de tringles verticales, entretoisées, réunies à leur sommet par une couronne

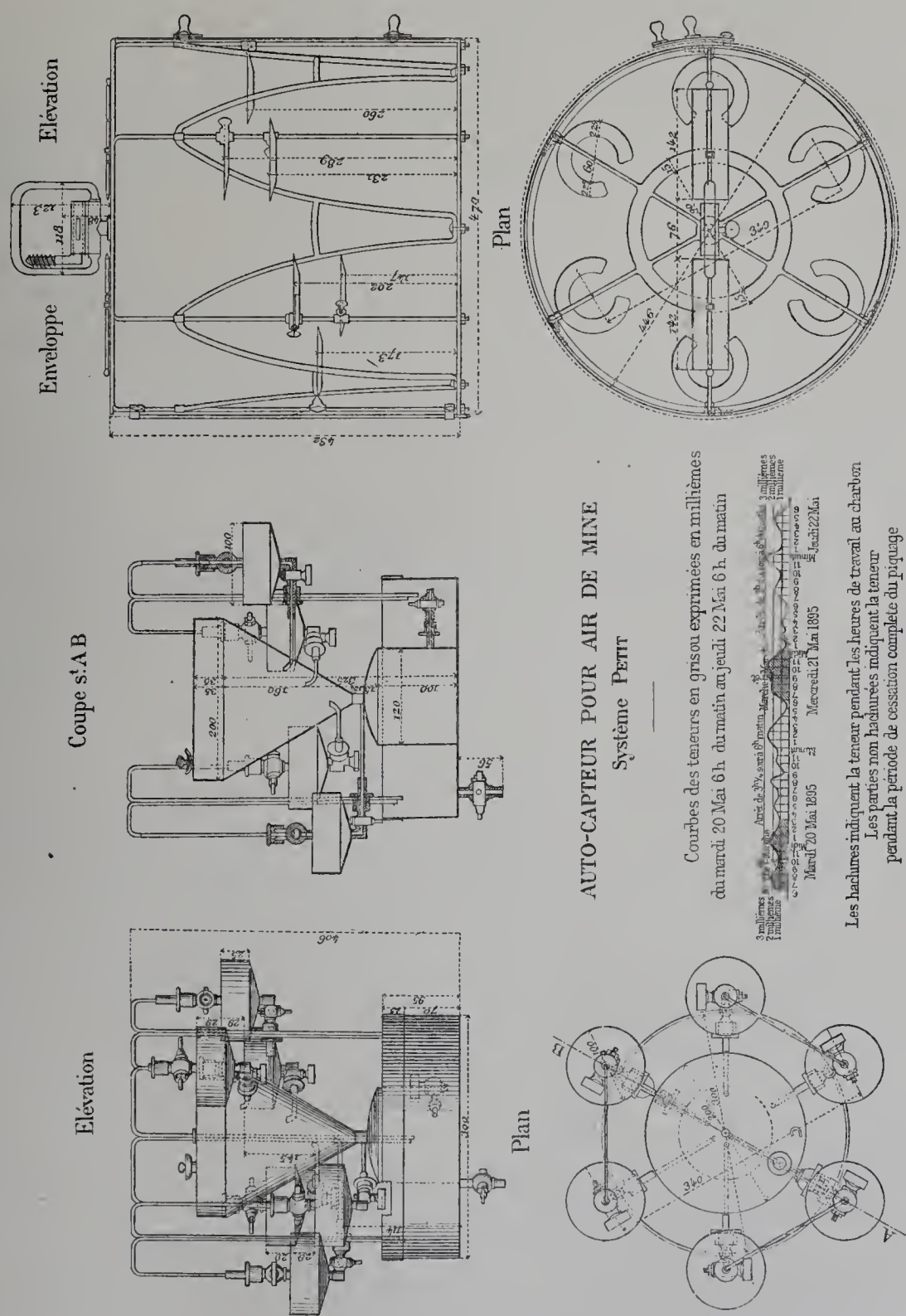


Fig. 238. — Autocapteur pour air de mine, système Petit.

et, à leur base, par un plateau en tôle mince sur lequel repose l'appareil. Les tringles sont assemblées à vis avec le plateau, afin de faciliter, en cas de réparations, le décoiffage de la clepsydre et de l'aspirateur.

Un couvercle à deux portes constitué par une toile métallique légère, à mailles serrées, mobile autour d'un diamètre, protège les tubes et les robinets contre la chute possible de débris charbonneux ou rocheux, se détachant du toit de la galerie. Une poignée permet de transporter l'appareil, qu'on met en place, après l'avoir soigneusement fixé de niveau, au moyen d'un tirefond vissé dans le boisage.

Le poids total de l'*auto-capteur* est de 12 kilogr. 260, dont 7 kilogr. 060 pour la cuirasse et 5 kilogr. 200 pour les éprouvettes, la clepsydre et le vase aspirateur. Le type figuré sur la planche a 0 m. 45 de diamètre sur 0 m. 30 de hauteur. Le prix de cet appareil avec six éprouvettes est d'environ 100 francs.

Un auto-capteur de ce type est installé depuis 1895 au puits du Treuil n° 2. Il a très bien fonctionné malgré le régime un peu dur qu'on lui a fait subir. A titre d'indication on a joint un diagramme montrant la variation de la quantité de grisou dégagé dans un chantier en traçage du mardi 20 mai 1895 au jeudi 22 mai.

Les parties hachurées indiquent la teneur pendant l'abatage et le chargement; les parties non hachurées se rapportent aux périodes de cessation complète du piquage de la houille.

Appareil enregistreur du volume d'air circulant par seconde dans une galerie de mine (Montrambert).

Cet appareil, imaginé par M. Murgue, l'auteur bien connu de remarquables travaux sur l'aérage des mines, est destiné à indiquer d'une façon continue le débit du courant d'air parcourant une galerie quelconque et plus particulièrement celle qui aboutit à l'ouïe des ventilateurs.

Le principe de l'appareil est celui du tube de Pitot; deux bouts de tube sont plongés dans le courant d'air, l'un recourbé d'équerre de façon à ce que son orifice reçoive le choc du courant; l'autre droit et présentant le plan de son orifice parallèlement aux veines d'air. Ces deux tubes sont reliés par des tuyaux de plomb aux deux branches d'un manomètre à eau où se produit une dénivellation proportionnelle au carré de la vitesse de la veine d'air frappant les orifices. Dans la pratique, la vitesse en un point quelconque reste en rapport constant avec la vitesse moyenne; la dénivellation manométrique peut donc servir de mesure au débit.

Cette dénivellation devant avoir une certaine amplitude pour donner des indications certaines tout en entraînant le style d'un enregistreur, il convient de placer le double tube jaugeur en un point où le courant d'air est resserré et sa vitesse considérable; par exemple, le rétrécissement qui précède l'ouïe dans le ventilateur Rateau.

Les deux branches du manomètre sont représentées, dans l'appareil exposé (fig. 239), par les compartiments inégaux d'une cloche rectangulaire en zinc plongeant dans une cuve en fonte remplie d'eau. Le grand compartiment enveloppe le petit et baigne dans une rigole régnant tout autour de la cuve.

Au sommet de chaque compartiment, un robinet à olive est relié au tuyau provenant de l'un des tubes jaugeurs.

Un troisième robinet permet d'établir la communication entre les deux cloches et, par suite, d'y établir l'égalité des pressions, ce qu'il est indispensable de faire de temps à autre pour vérifier le zéro de l'instrument.

Le petit compartiment renferme un flotteur cylindrique immergé jusqu'à son diamètre horizontal. Ce flotteur est relié à un long levier formé d'un tube creux, en même temps léger et rigide, qui suit le fond de la cuve et en ressort par des lacets compliqués, à l'arrière, pour se souder à un arbre tournant sur deux pointes, à l'avant, et commander à l'aide d'une courte bielle le levier d'un indicateur Richard.

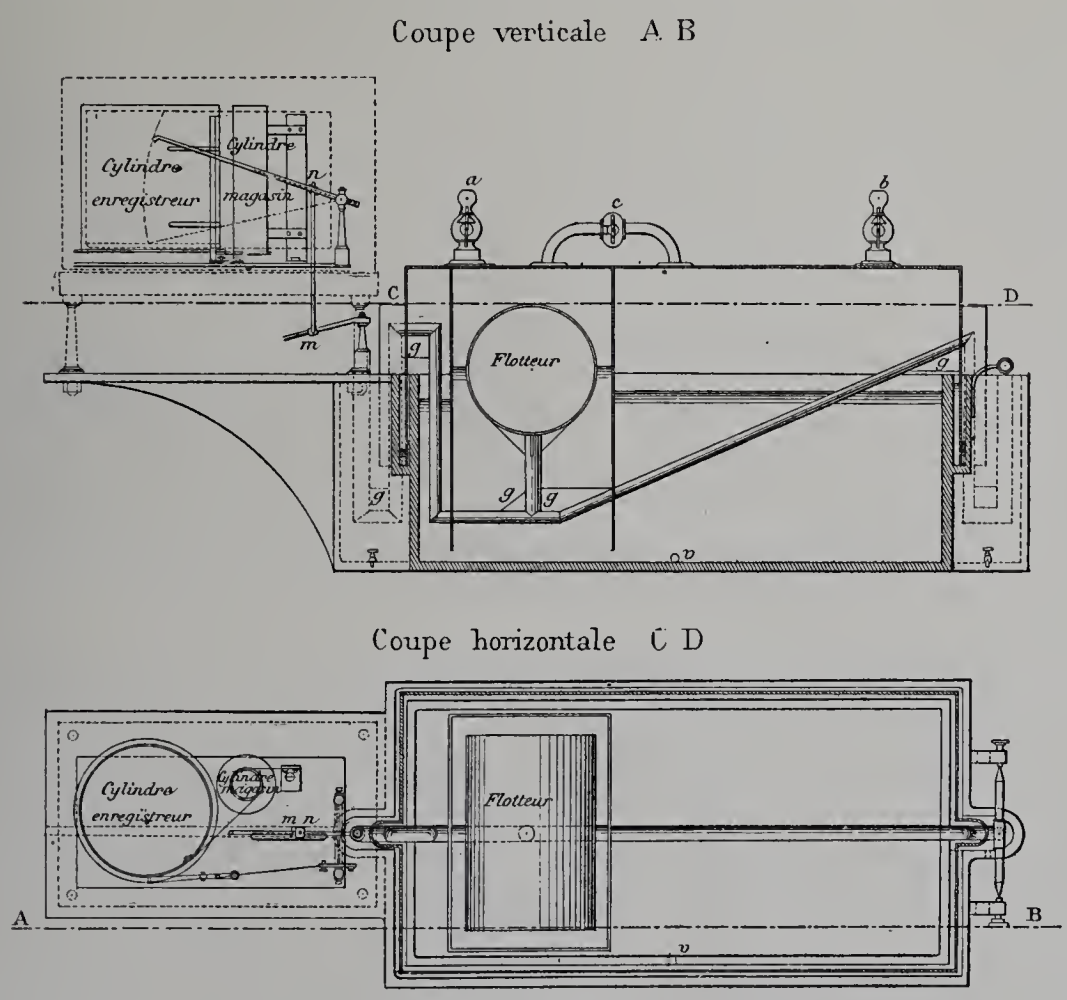


Fig. 239. — Appareil enregistreur du volume d'air circulant par seconde dans une galerie de mine, système Murgue (Mines de Montrambert).

Par ce mécanisme, la dénivellation initiale est transmise, avec une amplification convenable et sans frottements sensibles, jusqu'au style enregistreur qui trace ainsi sur le papier du diagramme des ordonnées proportionnelles au carré du débit.

Les bandes de papier ont 0 m. 90 de longueur et se déroulent avec une vitesse de 5 millimètres à l'heure; leur durée est d'une semaine. Elles portent des ordonnées curvilignes distantes d'heure en heure et des lignes horizontales échelonnées à des distances croissant suivant la loi du carré.

Le réglage se fait simplement par un jaugeage de comparaison; on établit la con-

cordance avec la graduation imprimée sur les bandes en faisant courir les extrémités de la petite bielle sur les leviers correspondants.

L'appareil est assez sensible pour mesurer le courant d'air spontané qui subsiste pendant les arrêts des ventilateurs.

GRISOUMÉTRIE.

Burette de M. Le Chatelier.

(Procédé des limites d'inflammabilité.)

M. Thomas Shaw a, le premier, indiqué que la limite d'inflammabilité d'un gaz, c'est-à-dire la proportion minima de ce gaz, qui doit être mêlée à l'air pour obtenir un mélange combustible, est une grandeur rigoureusement définie, susceptible d'être mesurée avec une très grande précision. M. Le Chatelier a constaté l'exactitude de cette affirmation et vérifié que les limites d'inflammabilité peuvent être déterminées d'une façon certaine et sans difficulté à 1/1000 près du volume total.

Pour effectuer les mélanges gazeux en proportions rigoureusement définies, il s'est servi d'une éprouvette en verre de 30 millimètres de diamètre et de 300 de longueur, rétrécie à sa partie inférieure à 20 millimètres, pour qu'il soit possible de la fermer avec le pouce. Elle est prolongée à sa partie supérieure par un tube plus étroit de 10 millimètres de diamètre et 250 de longueur. Le volume du mélange gazeux est limité par un trait tracé à 50 millimètres au-dessus de l'orifice inférieur; le tube supérieur est divisé en millièmes de ce volume.

Pour faire une expérience on remplit d'eau l'éprouvette et on la place sur une cuve à eau assez profonde pour qu'il soit possible de l'immerger tout entière. On y fait arriver le gaz combustible par un tube capillaire, qui permet d'obtenir le dégagement par bulles très fines dont le volume doit être inférieur à un millième de celui de l'éprouvette, c'est-à-dire de moins de deux dixièmes de centimètre cube, pour les dimensions données plus haut; le volume du gaz combustible est mesuré sous la pression atmosphérique, en ramenant au même niveau l'eau à l'intérieur et à l'extérieur du tube. On achève de remplir l'éprouvette jusqu'au trait inférieur avec de l'air. L'éprouvette est alors prise à pleine main par sa partie inférieure, l'orifice étant maintenu bouché par le pouce. Puis on la retourne et on l'agite en tous sens pendant quelques instants pour effectuer le mélange; enfin on la relève dans sa position primitive, en attendant que l'on soit prêt à provoquer l'inflammation. Pour ce faire, on retourne brusquement l'éprouvette, et aussitôt l'eau arrivée dans le bas on écarte le pouce et on introduit franchement une allumette ou une petite flamme de gaz. Si le mélange est combustible une flamme bleu pâle se produit, qui descend jusqu'à une certaine distance de la flamme qui a servi à l'allumage, sinon on ne voit généralement rien se produire.

M. Le Chatelier a ainsi déterminé les limites d'inflammabilité du gaz d'éclairage et du formène et a trouvé à 0.1 p. 100 près les mêmes chiffres que M. Shaw. Il a ainsi

établi que : 1° quand un mélange ne renfermant que de l'air et du formène atteint sa limite inférieure d'inflammabilité, la proportion de formène dans le mélange total est constante et égale à 60 millièmes; on dit alors que la limite d'inflammabilité du formène avec l'air pur est de 60 millièmes; 2° quand un mélange renferme à la fois de l'air, du formène et un autre gaz combustible, du gaz d'éclairage par exemple, les deux gaz combustibles se comportent comme s'ils étaient seuls, et le mélange total atteint sa limite inférieure d'inflammabilité quand les deux gaz sont en proportions telles qu'ils forment deux mélanges exactement inflammables.

Dès lors, étant donné un air grisouteux non inflammable, il suffira, pour l'analyser, de déterminer au moyen de la burette la limite d'inflammabilité d'un gaz combustible, employé comme réactif, successivement avec l'air pur et avec l'air grisouteux; avec ce dernier, le grisou remplace une partie du gaz réactif que l'on emploie en quantité moindre, et la différence entre les quantités employées dans les deux cas mesure précisément, à un facteur constant près, la quantité de grisou apportée par l'air.

Tels sont les principes sur lesquels repose la détermination du grisou dans l'air des mines par la burette de M. Le Chatelier.

M. Lebreton a modifié la burette de M. Le Chatelier dans ses dimensions et organisé des dispositions ingénieuses et commodes pour effectuer les diverses opérations auxquelles l'application du procédé par les limites d'inflammabilité donne lieu. Son appareil présente l'avantage de rendre la manipulation des gaz et leur mesurage particulièrement faciles. Il a été adopté par un bon nombre de compagnies de mines.

Grisoumètre H. Le Chatelier (maison Golaz, constructeur).

Nous ne pouvons mieux faire pour décrire cet appareil remarquable que de reproduire l'étude faite par M. Le Chatelier lui-même à ce sujet.

En étudiant la question du dosage du grisou, M. Le Chatelier s'est particulièrement attaché à rendre impossibles ou au moins à atténuer dans la mesure du possible toutes les causes d'erreurs inhérentes à l'inexpérience des opérateurs, et avant tout il a tâché de supprimer tous les joints qui laissent si facilement fuir les gaz. Il a supprimé tous les caoutchoucs et n'a conservé qu'un robinet indispensable pour l'introduction du mélange gazeux dans l'appareil; mais ce robinet est un robinet à pointe et non à boisseau, système de fermeture qui donne des garanties d'étanchéité presque absolues.

La circulation du gaz s'obtient par le mouvement d'une masse de mercure contenu dans un flacon relié par un caoutchouc à la partie inférieure de la chambre de combustion. Ce réservoir de mercure communique en même temps avec un tube ouvert qui constitue un manomètre à air libre dans lequel la hauteur du mercure sert à mesurer la pression de la masse gazeuse confinée. Celle-ci est ramenée après la combustion à un volume égal à celui qu'elle possédait au début; ce résultat est obtenu en faisant affleurer le mercure dans les deux cas à une pointe fixe.

Le fil de platine dont l'incandescence produit la combustion est maintenu par deux

conducteurs isolés à la partie inférieure de la chambre à gaz. Celle-ci est plongée dans un réservoir plein d'eau qui atténue par sa masse les variations de la température qu'elle régularise en même temps et dont elle facilite la mesure.

Pour faire une expérience, on commence, le robinet étant ouvert, par faire affleurer le mercure à la pointe et on lit la division h du manomètre devant laquelle s'arrête le mercure; c'est le zéro de la graduation du manomètre. On chasse alors l'air en élevant le réservoir à mercure, puis on met le robinet en communication avec le récipient renfermant l'air à analyser en établissant la jonction par un tube en caoutchouc assez court et assez étroit pour que son volume soit négligeable vis-à-vis de celui du gaz qui sera introduit dans l'appareil. On baisse alors le flacon à mercure de façon à faire pénétrer le gaz qui est chassé en même temps de son récipient par une introduction d'eau ou mieux d'eau salée; celle-ci dissout les gaz en moindre proportion. On arrête le mercure au voisinage de la pointe sans se préoccuper de le faire affleurer exactement et on laisse *cinq* minutes l'équilibre de température s'établir. On lit alors la température t, à 1/10 de degré près, au moyen d'un thermomètre plongé dans l'enveloppe d'eau et on mesure la pression de la masse gazeuse. Pour cela on fait exactement affleurer le mercure à la pointe en ayant soin pour cela de se placer devant une fenêtre ou une lumière qui éclaire vivement la surface du mercure. On note à ce moment la hauteur h' du manomètre. La pression P de la masse gazeuse est, en appelant H la pression atmosphérique :

$$P = H + h' - h.$$

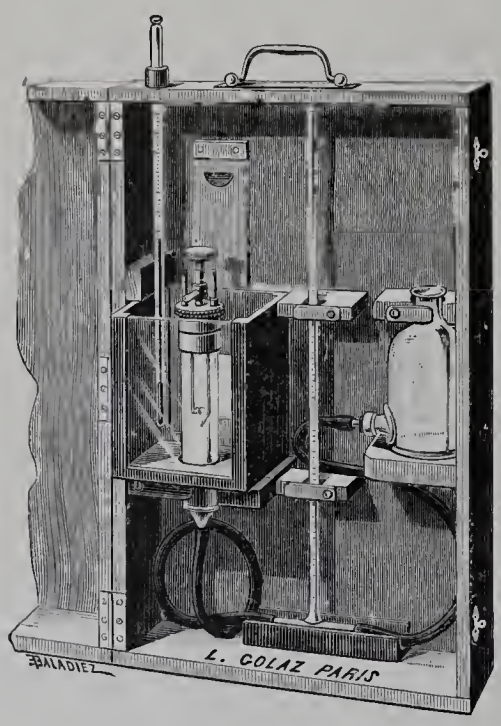


Fig. 240. — Grisoumètre Le Chatelier construit par la maison Golaz.

La spirale doit être à la partie inférieure de la chambre de combustion pour que la circulation produite par l'échauffement puisse amener la totalité du gaz au contact de la spirale. La combustion est évidemment d'autant plus rapide que la spirale est plus chaude; sa température doit être comprise entre 1,300 degrés et 1,600 degrés. En dehors de ces limites, ou bien la combustion serait trop lente, ou bien l'on s'exposerait à fondre la spirale de platine. Il faut un certain apprentissage de l'œil pour régler cette température. On peut se régler approximativement sur les deux caractères suivants : la spirale doit être assez brillante pour sembler émettre des rayons, elle ne doit pas être assez brillante pour éblouir l'œil au point de l'empêcher de distinguer les différentes spires. On obtient de bons résultats en constituant la spirale par six spires de 3 millimètres de diamètre, avec un pas de 1 millimètre et faites avec un fil de 0 millim. 3 de diamètre. En employant un fil d'un alliage de platine à 3 p. 100 de cuivre qui a l'avantage d'être très résistant,

il suffit pour rougir convenablement la spirale d'avoir une source d'électricité pouvant débiter un courant maximum de 6 ampères avec une force électromotrice correspondante de 12 volts. Si l'on se sert de piles il faut interposer un rhéostat à résistance variable qui permette de régler à volonté et d'une façon progressive l'intensité du courant. Il est beaucoup plus commode d'employer une petite dynamo à main; on règle très facilement le courant par une rotation plus ou moins rapide de la manivelle.

Pour provoquer la combustion complète des gaz il suffit d'une durée d'incandescence de la spirale de 15 secondes; il est prudent de recommencer deux fois l'incandescence avec un repos de quelques secondes dans l'intervalle, parce que la dilatation des gaz fait descendre au-dessous de la spirale une partie de la masse gazeuse qui pourrait échapper à la combustion; le refroidissement momentané fait repasser au-dessus de la spirale toute la masse gazeuse.

On facilite cette remontée du gaz en élevant le réservoir à mercure, mais il faut avoir soin, au moment du passage du courant, de ne pas laisser plonger les deux conducteurs dans le mercure qui dévierait la totalité du courant et rendrait ainsi impossible l'échauffement de la spirale.

Une fois la combustion terminée, il faut attendre dix minutes pour laisser l'équilibre de température se rétablir; c'est là une précaution absolument indispensable; il faudrait attendre plus longtemps encore si l'incandescence de la spirale avait été prolongée plus de 30 secondes. On note, comme on l'avait fait au début, la température t' et la hauteur h'' du mercure dans le manomètre à air libre.

On conclut la proportion du grisou de la diminution de pression $h' - h''$ de la masse gazeuse maintenue à volume constant et corrigée de la variation de température. C'est l'inverse du procédé usuel dans lequel on mesure la variation de volume d'une masse gazeuse maintenue à pression constante.

La variation de pression ou de volume résulte de la condensation de la vapeur d'eau qui suit la combustion du grisou. Si cette vapeur restait gazeuse il n'y aurait pas de changement de volume

$$CH^4 + 2O^2 = CO^2 + 2H^2O$$

car une molécule de formène et deux molécules d'oxygène, soit trois molécules de mélange, donnent après combustion trois molécules de produits brûlés : une d'acide carbonique et deux d'eau. Mais à la température ordinaire cette eau se condense et la combustion de chaque molécule de formène amène une diminution d'un nombre double de molécules dans la masse gazeuse totale. La combustion de 1 p. 100 de grison amène donc une diminution de 2 p. 100 dans le volume ou la pression du mélange, suivant que l'on opère à pression ou à volume constant.

La pression P, le volume V, la température $T = t + 273$ et le nombre de molécules N d'une masse gazeuse sont liés par la relation connue :

$$PV = RNT \tag{1}$$

dans laquelle R est une constante qui dépend des unités de mesure adoptées. Après combustion, le volume étant resté constant, il viendra :

$$P'V = RN'T' \tag{2}$$

d'où l'on tire, en retranchant (2) de (1) et divisant cette différence par (1) :

$$\frac{P - P'}{P} = \frac{NT - N'T'}{NT} = \frac{T - T'}{T} + \frac{N - N'}{N}\left(\frac{T'}{T}\right) \tag{3}$$

ou, en remplaçant P et P′ par leur valeur :

$$P = H + h' - h$$
$$P' = H + h'' - h$$

et introduisant la proportion pour 100 de grisou en volume x :

$$x = \frac{1}{2}\frac{N - N'}{N}$$

il vient :

$$x = \frac{1}{2}\left(\frac{h' - h''}{H + h' - h} - \frac{t - t'}{t + 273}\right)\frac{t + 273}{t' + 273}.$$

Mais pratiquement t et t' ne différant pas entre elles de 1° on peut considérer le terme $\frac{t + 273}{t' + 273}$ comme égal à l'unité sans commettre une erreur relative sur la proportion de grisou x du $\frac{1}{300}$ de sa valeur, ce qui est absolument négligeable. On prendra donc pour calculer x l'expression

$$x = \frac{1}{2}\left(\frac{h' - h''}{H + h' - h} - \frac{t - t'}{t + 273}\right). \tag{4}$$

Dans bien des cas même le second terme de la parenthèse sera négligeable; en le supprimant on compterait 1 à 2 millièmes de grisou en moins, ce qui n'a pas d'importance pour les teneurs supérieures à 1 p. 100.

Voici, en terminant, quelques analyses faites par cette méthode; elles montrent la concordance absolue des résultats de différentes analyses effectuées sur un mélange par divers opérateurs en employant soit le procédé de dosage décrit ici, soit la méthode des limites d'inflammabilité.

Mines de Campagnac. — Des prises d'air, faites les unes à l'entrée, les autres à la sortie d'un quartier, furent analysées sur place par l'un des ingénieurs de la mine en employant les limites d'inflammabilité; des échantillons identiques furent en même temps envoyés à Paris où on les analysa par combustion. Aucun des deux opérateurs ne connaissait les résultats obtenus par l'autre.

Air à l'entrée du quartier :

	PROPORTION DU GRISOU.		
Opérateur A. — Limites d'inflammabilité			0.23 p. 100.
Opérateur B. — Combustion par incandescence	0.21		0.24

Air à la sortie du quartier :

Opérateur A. — Limites d'inflammabilité			0.40
Opérateur B. — Combustion par incandescence	0.40	0.41	0.42

Mines de Ronchamp. — Ces expériences, qui avaient été entreprises pour se rendre compte des diverses circonstances relatives au dégagement du grisou : influence de l'abatage, influence des vieux travaux, ont été faites la plupart par la méthode des limites d'inflammabilité; quelques-unes, faites simultanément par les deux méthodes, sont seules rapportées ici.

	LIMITES D'INFLAMMABILITÉ.	COMBUSTION PAR INCANDESCENCE.
Mélange artificiel de grisou d'un soufflard et d'air..	1.50	1.49
Retour d'air d'un quartier du puits de Magny.....	0.45	0.46
Galerie aux remblais, puits de Magny.....	0.12	0.13

D'après ces quelques résultats on pourrait croire à une précision plus grande que celle qui a été annoncée, puisque les écarts ne portent que sur les dix-millièmes, mais ce n'est là qu'une simple apparence à laquelle il ne faudrait pas se fier. Il ne faut y voir que le résultat d'un heureux hasard. On ne doit chercher que le 1/1000 et on peut compter l'obtenir par l'une ou l'autre de ces méthodes.

Lampe grisoumétrique Chesneau.

La lampe Chesneau est une lampe à alcool destinée à opérer la grisoumétrie rapide et pratique au moyen d'un appareil portatif. C'est une lampe dérivée du modèle Pieler, mais comportant des modifications et des perfectionnements qui lui donnent une sécurité absolue et une grande sensibilité d'indication.

Ce remarquable appareil a été établi par M. Chesneau, ingénieur en chef au corps des mines en 1892. Après les essais faits par la Commission du grisou, qui ont donné toute satisfaction, son usage s'est répandu rapidement et cette lampe est à l'heure actuelle employée dans toutes les houillères françaises et beaucoup d'étrangères, souvent même à l'exclusion de tout autre système plus compliqué. C'est, en ce moment, le système qui donne le plus simplement et le plus vite les indications nécessaires à la grisoumétrie courante, à 1 millième près de la teneur du grisou.

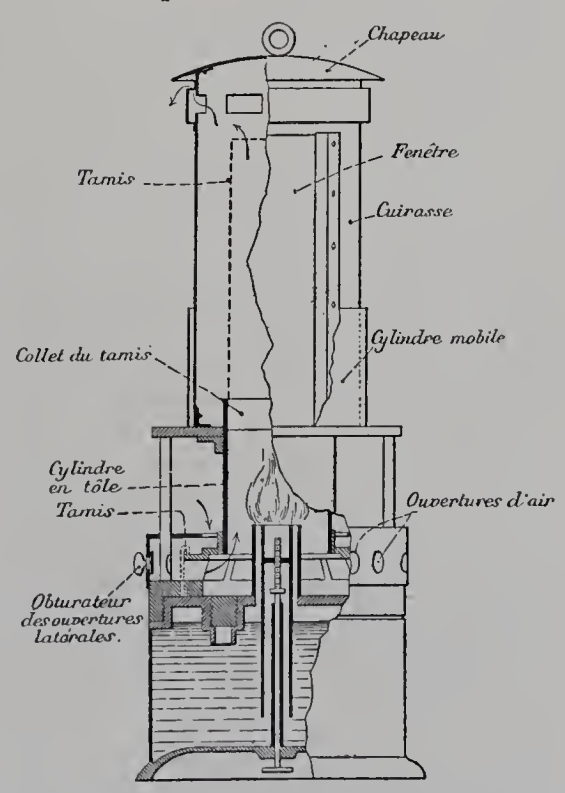


Fig. 241. — Lampe grisoumétrique Chesneau.

La lampe réalisée par M. Chesneau (fig. 241) est à un seul tamis, non éclairante et à l'alcool.

Elle est combinée au point de vue de la sécurité pour s'éteindre à coup sûr dans les mélanges explosifs au repos avant que son tamis n'ait été sensiblement échauffé. Dans ce but, l'air extérieur entre par le bas à tra-

vers une couronne à double tamis, comme dans la lampe Fumat, et ne peut se mélanger aux produits de la combustion grâce à la cuirasse en fer qui entoure complètement le tamis, sans présenter d'autres ouvertures que celles qui permettent l'échappement de la fumée.

La couronne à double tamis du bas de la lampe est protégée par une gaine fixe percée de trous, les uns sur le pourtour de la lampe, les autres sur la partie supérieure de la gaine, près du cylindre protecteur de la flamme. Les premiers peuvent être obturés dans le cas où la lampe est exposée aux forts courants d'air.

Le cylindre de fer, qui remplace le cylindre ordinaire de verre, est surmonté d'un simple tamis en toile de fer de 196 mailles au centimètre carré. Le bas de ce tamis et le cylindre de tôle cachent la flamme.

On observe les auréoles par une longue fenêtre rectangulaire portée par la cuirasse et fermée par du mica.

Le cylindre et la cuirasse sont réunis hermétiquement. Comme la partie inférieure de la lame de mica se recouvre parfois, au moment de l'allumage, d'un peu de buée qui peut gêner les observations, on a disposé, pour éviter cette buée, un cylindre mobile extérieur qui recouvre le bas de la cuirasse et qui porte une échancrure qu'on amène devant la fenêtre au moment de l'observation.

La lampe s'éteint dès qu'on la renverse.

Le réservoir peut donc être rempli d'alcool, sans que l'ouate soit nécessaire comme dans la lampe Pieler.

L'appareil pèse 1,450 grammes et consomme environ 15 grammes d'alcool par heure. (Alcool méthylique marquant 92° 5 à l'alcoomètre centésimal.)

Son prix de vente est de 35 francs.

Son fonctionnement est très sûr; il s'est comporté aux essais dans les mélanges explosifs en vitesse comme les lampes Marsaut ou Fumat.

Pour accroître la précision des mesures grisoumétriques, M. Chesneau a cherché à rendre plus nettes les auréoles données par les flammes d'alcool dans les mélanges grisouteux. Avec l'alcool pur, ces auréoles sont en effet difficiles à distinguer. Dans ce but, il a introduit dans le liquide un sel de cuivre qui produit dans la flamme une petite quantité de chlorure cuivreux. Ce corps, volatil à haute température, colore avec une intensité presque égale la flamme propre de l'alcool et les auréoles qu'elle donne dans les atmosphères grisouteuses. C'est le seul colorant des flammes qui ait produit ce résultat. Les auréoles paraissent alors bleu-verdâtre et deviennent appréciables à partir d'une teneur de 1 millième de grisou et très nettes au-dessus de 2,5 millièmes.

M. Chesneau, à l'origine, obtenait ce résultat par l'introduction du chlorure cuivreux dans l'alcool de la lampe; mais le réservoir en laiton de la lampe s'attaquait rapidement et l'alcool se chargeait d'oxychlorure qu'on était obligé de retenir au moyen d'ouate et qui encrassait la mèche. Depuis, M. Chesneau emploie en dissolution dans l'alcool de l'azotate de cuivre et du bichlorure d'éthylène (liqueur des Hollandais), qui attaquent peu le réservoir et produisent le chlorure cuivreux, seulement dans la flamme, par leur réaction mutuelle à haute température.

Les proportions employées sont les suivantes :

Alcool méthylique à 92° 5	1 litre.
Azotate de cuivre	1 gramme.
Bichlorure d'éthylène	1

Dès la réalisation de cette lampe, la Commission du grisou fit des essais nombreux au laboratoire et en mit un certain nombre en expérience dans les houillères grisouteuses. Les résultats très favorables obtenus furent l'objet d'un rapport détaillé en 1893.

Enfin l'usage obligatoire de cette lampe fut décidé par la circulaire ministérielle du 25 avril 1893.

Le réglage de la flamme de la lampe demande à être fait avec soin; on laisse d'abord la lampe s'échauffer pendant une demi-heure, avec une flamme visible hors de l'écran. Puis, dans l'obscurité, on abaisse la mèche jusqu'à faire disparaître derrière le collet du tamis la pointe extrême de la flamme. On distingue d'ailleurs au-dessus de l'écran une lueur grisâtre de 20 à 25 millimètres.

Les indications sont observées de la façon suivante : on ouvre les orifices extérieurs qui entourent la couronne et on place l'œil au niveau de la pointe supérieure de la lueur qui surmonte la flamme et qui se produit dès que l'atmosphère devient grisouteuse. Cette auréole est constituée par un cône bleu-verdâtre surmonté d'une lueur pâle. Elle est appréciable à partir de 0.1 p. 100 et devient très nette au delà de 0.25 p. 100. La hauteur du cône au-dessus de l'écran est de :

23 millimètres pour une teneur en grisou de	0.5 p. 100.
35	1.0
47	1.5

Elle atteint le sommet de la lampe pour une teneur de 3 p. 100.

A partir de 2 p. 100, la flamme de l'alcool apparaît au-dessus de l'écran et s'allonge au fur et à mesure que la teneur augmente; son allongement visible est de 25 millimètres à la teneur de 3 p. 100.

Enfin la lampe s'éteint lorsque la proportion de grisou atteint 5.75 p. 100.

On voit que les observations sont très précises entre 0.25 p. 100 et 3 p. 100; et elles ne sont influencées d'une façon sensible ni par la température ni par la présence de quelques centièmes d'acide carbonique dans l'atmosphère. Enfin, elles ont toujours été confirmées par les analyses de laboratoire.

IMPRIMERIE NATIONALE.

CHAPITRE X

LAMPES DE MINES.

Les constructeurs de lampes et les compagnies minières se sont attachés à perfectionner l'éclairage de sûreté. L'ancienne lampe de mine à huile, avec son faible éclairage, ne satisfait plus l'exploitant. On a cherché à réaliser un type de lampe léger et pratique, à l'abri de toutes les tentatives d'ouvertures de la part des ouvriers imprudents, de toutes les erreurs dans le montage à l'allumage et qui, en même temps, possède un pouvoir éclairant supérieur à celui de l'ancien type, de façon à faciliter le travail de l'ouvrier et, par suite, à augmenter et sa sécurité et son rendement.

C'est dans cet esprit que des essais furent faits de divers côtés avec la benzine et l'essence légère de pétrole, qui donnent une flamme plus brillante, sans encrasser les toiles ou en fumer les verres. Ces essais furent satisfaisants. Nous citerons particulièrement la lampe Wolf et celle des mines de Lens.

La flamme de ces lampes à benzine donne un éclairage plus puissant que celui des lampes à huile, et qui est en moyenne de 1 bougie 20. Elle est sensible au grisou et permet, comme nous le verrons plus loin, de révéler des proportions de gaz dangereux allant jusqu'à 3/4 et 1/2 p. 100.

On chercha de plus, par des combinaisons du verre, des toiles ou de la cuirasse, à empêcher les erreurs possibles au montage des lampes, telles que l'oubli de la toile métallique, par exemple. Elles ont été munies de fermetures de sûreté, soit à rivet de plomb, soit à enclanchement magnétique, permettant le vissage rapide de la lampe, mais empêchant d'une façon absolue le mouvement inverse.

Pour parer aux extinctions éventuelles de la lampe et enlever aux ouvriers la tentation fatale d'ouvrir pour rallumer la mèche, on a réalisé des types divers de rallumeurs. Les uns, automatiques, sont contenus dans la lampe même et fonctionnent par la déflagration de capsules détonantes placées sur un ruban enroulé sur lui-même et fixé à proximité de la mèche. Les autres nécessitent l'installation de postes spéciaux dans l'intérieur de la mine, ce sont les rallumeurs électriques.

A côté de ces transformations, qui ont été exécutées sur des types de lampes anciennes (Marsaut ou Mueseler), il faut signaler les tentatives faites pour réaliser la lampe de mine électrique.

L'éclairage électrique portatif dans les mines constitue un fait nouveau de grande importance et qui est appelé, si le type définitif se réalise un jour, à transformer du tout au tout la question si complexe et si délicate de l'éclairage.

Les avantages considérables de ce nouveau mode d'éclairage sont trop connus de tous pour que nous insistions. Malheureusement, dans l'état actuel des connaissances électrotechniques, on se heurte à deux conditions presque contradictoires, qui sont le pouvoir

éclairant régulier pendant un temps minimum donné (10 à 12 heures) et la légèreté.

La lampe portative électrique n'a pu être réalisée qu'au moyen d'éléments d'accumulateurs dont le poids est malheureusement très grand et augmente d'autant plus que l'on demande une durée d'éclairage plus considérable.

Toutefois, nous avons à citer deux types dont l'un, la lampe Sussmann, a commencé à faire ses preuves et dont l'autre, la lampe Catrice, quoique très récente, semble donner jusqu'à présent d'assez bons résultats. Ces deux lampes donnent des éclairages de 1 bougie 25 à 1 bougie 50 pendant 12 à 14 heures. Leur poids varie de 1 kilogr. 750 à 2 kilogr. 400. Ce dernier poids est, on le voit, assez élevé. Cependant on aurait constaté que, en raison des grands avantages que la lampe électrique leur procure, les mineurs ne se plaignent pas de ce poids et finissent par s'y habituer.

Ces lampes sont disposées de façon à ce que l'électrolyte soit renfermé dans une boîte hermétique et ne puisse s'échapper pour quelque raison que ce soit; la lampe est bien protégée et munie d'un réflecteur.

Il est à espérer que les perfectionnements constants qu'on réalise dans la constitution des accumulateurs permettront d'arriver à l'établissement d'un type léger et réellement pratique.

Lampe de sûreté à benzine Wolf.

La lampe à benzine Wolf présente comme particularités, en plus de son réservoir et de sa disposition générale, une fermeture magnétique et un rallumeur à friction. Nous allons décrire, d'ailleurs, cette lampe d'une façon générale (fig. 242). Elle est intéressante et donne de bons résultats.

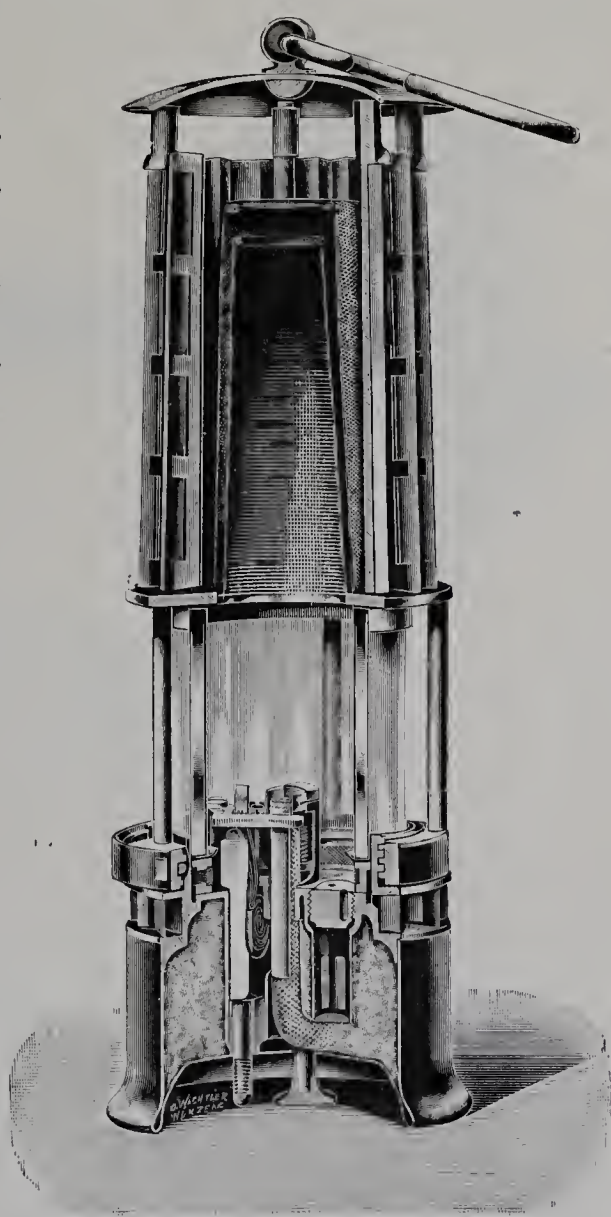


Fig. 242. — Lampe de sûreté à benzine, système Wolf.

Réservoir. — Le réservoir est en acier embouti, d'une seule pièce. Il est rempli d'une matière absorbante qui retient la benzine que l'on introduit par un tube spécial intérieur fermé par un bouchon à vis. La mèche est très serrée. Elle est réglable de l'extérieur.

Partie supérieure. — La lampe porte au-dessus un verre. Elle n'a pas de cheminée et possède deux tamis en toile métallique, de forme conique, de 144 mailles au centimètre carré.

Elle peut être munie d'une cuirasse unie ou d'une cuirasse plissée à chicanes. L'introduction de l'air est renversée ou se fait par-dessous.

Fermeture. — La fermeture magnétique Wolf (fig. 243) consiste en un cliquet B en fer doux, placé dans l'anneau inférieur du cadre. Il est maintenu par un ressort C dans une encoche du réservoir. Lorsqu'on veut ouvrir, on applique les pôles d'un fort aimant sur les boutons en fer doux A et A'. Sous l'action de l'aimantation de ces deux

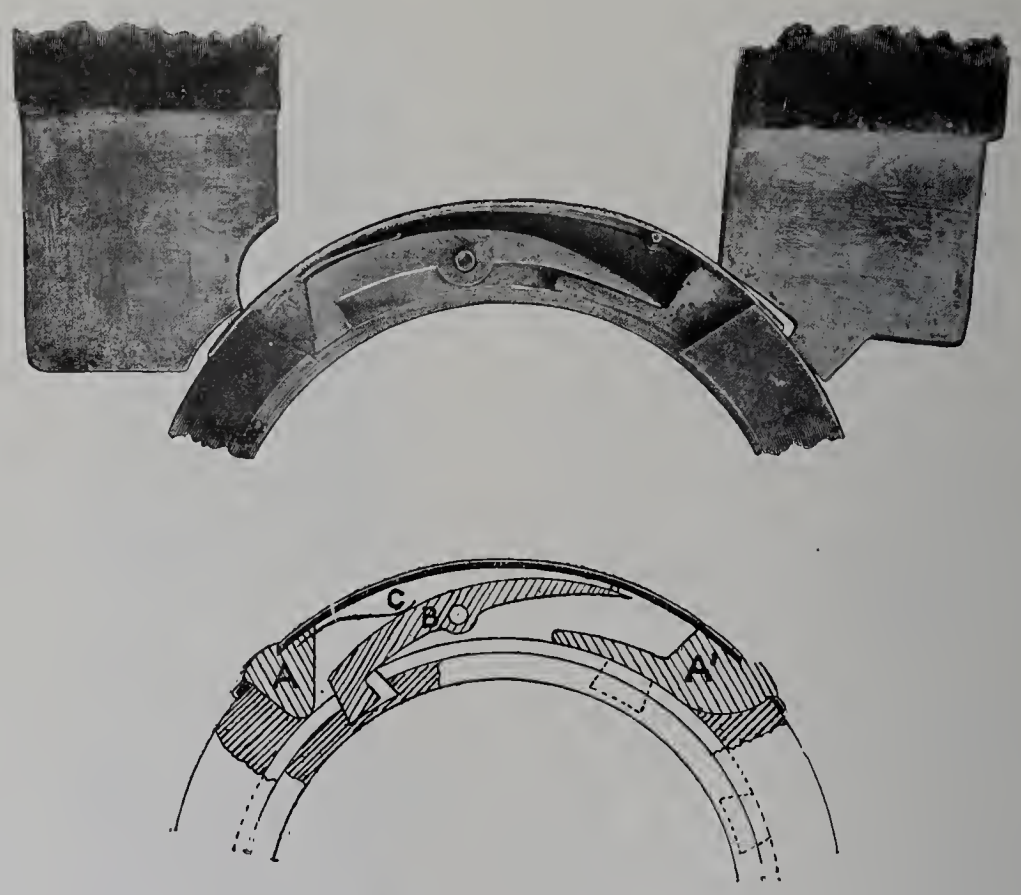


Fig. 243. — Fermeture de sûreté de la lampe Wolf à fonctionnement magnétique.

boutons, le cliquet pivote autour de son axe et sort de l'encoche en s'appliquant contre les prolongements intérieurs des boutons.

La fermeture se fait de la même façon en faisant usage de l'aimant.

Rallumeur à friction. — Le rallumeur intérieur Wolf (fig. 244) se compose : d'un étui A; d'une crémaillère située à l'intérieur de la petite chambre C; d'un tirant B avec racloir D; enfin d'une bande de coton E, sur laquelle se trouvent environ 50 capsules en phosphore également espacées. Cette bande a été plongée dans la paraffine.

Pour produire l'allumage, on abaisse le tirant B, le racloir à ressort D s'abaisse avec

lui et vient s'arcbouter sur la bande paraffinée. On repousse ensuite immédiatement le tirant vers le haut. Le racloir entraîne la bande en frottant une capsule sur la crémaillère.

La capsule s'allumant alors met le feu à la bande qui provoque elle-même l'allumage de la mèche située près d'elle. La bande ayant été entraînée par le racloir vers le haut est prête à un nouveau rallumage.

Ce système, en fonction depuis plus de dix ans, a fait ses preuves au point de vue de la commodité et de la sécurité.

La lampe Wolf, telle qu'elle vient d'être décrite, permet de reconnaître 1 p. 100 de grisou avec sa flamme normale. Avec la flamme réduite, elle indiquerait la présence de 3/4 p. 100 de grisou. (Voir la figure 245.) Elle s'éteint dans une atmosphère contenant 5 à 7 p. 100 de grisou.

Le pouvoir éclairant de la lampe Wolf est de 12/10 de bougie au début. Après 12 heures de fonctionnement, elle ne baisserait que de 2/10 de bougie.

Elle ne donne aucune fumée.

Comme frais d'éclairage, la maison Wolf indique 0 fr. 02 3/4 par lampe-jour (12 heures) en comptant la benzine à 44 francs les 100 kilogrammes.

L'expérience d'une année aux mines de Frankenhols, en 1894-1895, a fait ressortir les frais complets (bandes, benzine, pièces de rechange) à 0 mark 0326 par lampe-jour, soit 0 fr. 0407. (La benzine était comptée à 36 francs les 100 kilogrammes.)

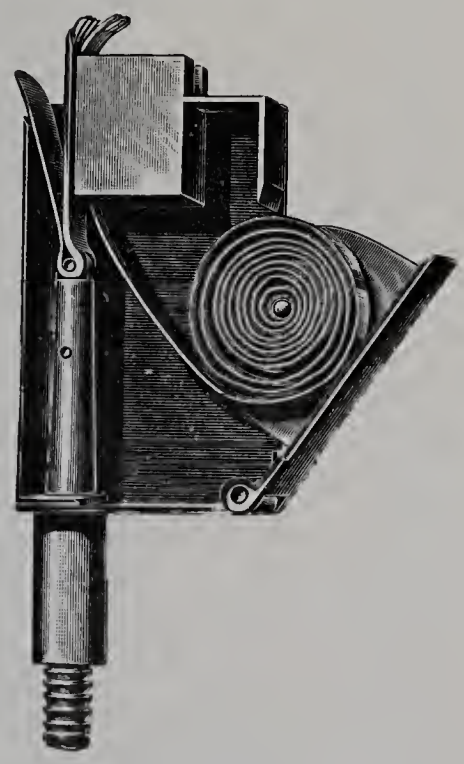


Fig. 244. — Rallumeur à friction de la lampe de sûreté Wolf, à benzine.

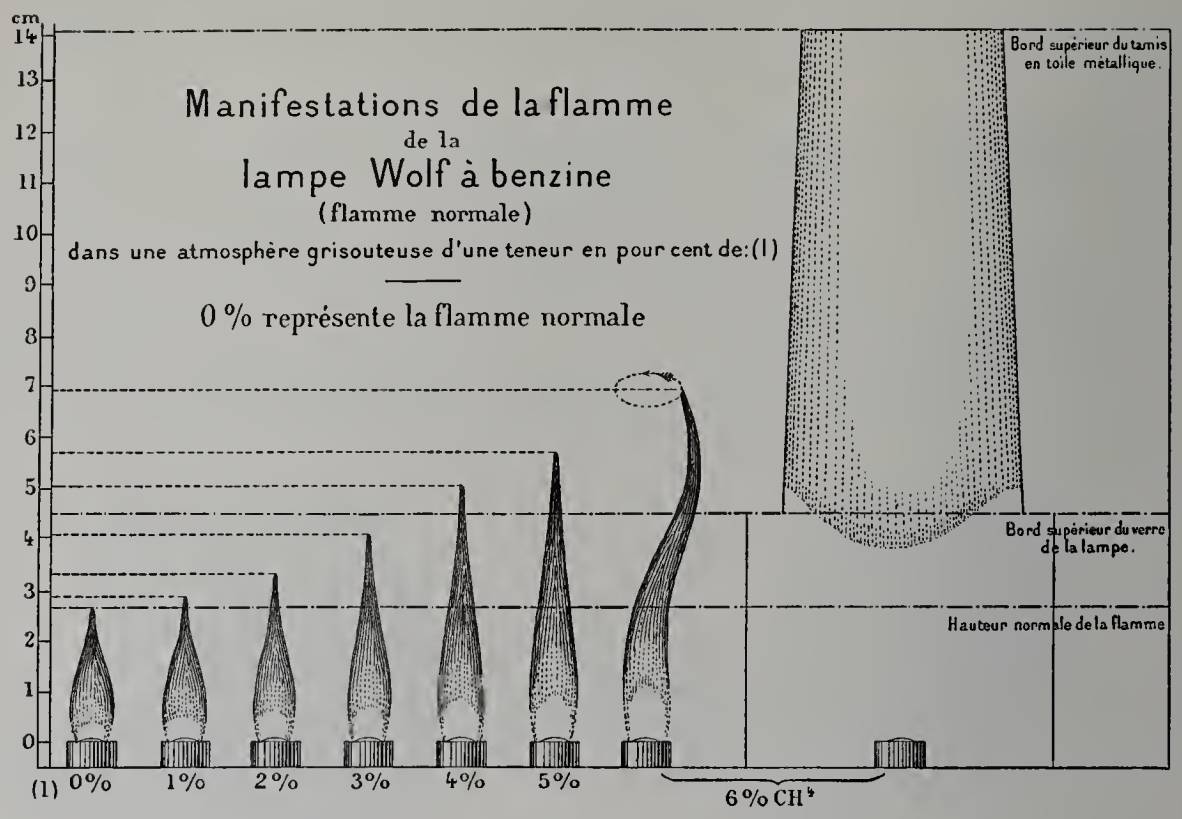
La lampe Wolf remplit les conditions de sécurité voulues, et les essais faits jusqu'à ce jour, en pratique et dans les laboratoires, n'ont jamais révélé de défauts sérieux. La toile métallique ne rougit pas dans les milieux grisouteux.

Remplissage. — La maison Wolf construit des appareils spéciaux permettant d'opérer automatiquement et sans danger le remplissage des lampes.

L'appareil (fig. 246) comprend un réservoir de benzine (25 ou 50 kilogr. de benzine); sur son couvercle se trouve une petite soupape destinée à permettre la rentrée de l'air.

A la partie inférieure et sur le côté se trouve un robinet à 3 voies, muni d'un cylindre en verre dont la capacité représente celle de la benzine contenue dans une lampe.

Si la poignée est horizontale, le cylindre se remplit de benzine; lorsque au contraire



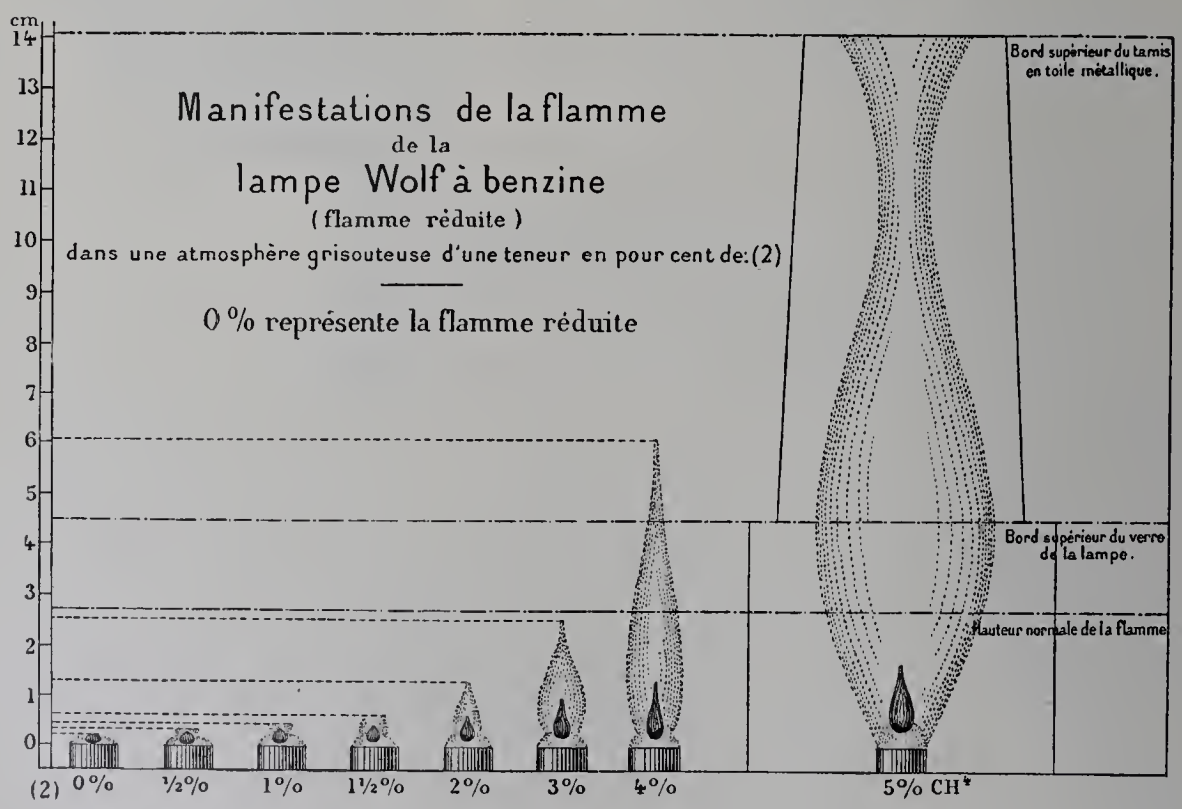


Fig. 245. — Manifestations de la lampe Wolf à benzine dans une atmosphère grisouteuse.

la poignée du robinet se trouve à angle droit avec le réservoir, la benzine contenue dans le cylindre arrive par le robinet et remplit la lampe, qui se trouve automatiquement remplie de la quantité nécessaire.

Lampe de sûreté à la benzine des mines de Lens.

Cette lampe a été autorisée, en 1899, dans les mines à grisou, par le Ministère des travaux publics.

Établie par les mines de Lens, cette lampe (fig. 247) présente, pour le tamis, le verre et la cuirasse, les dimensions réglementaires de la lampe Marsaut. Elle est com-

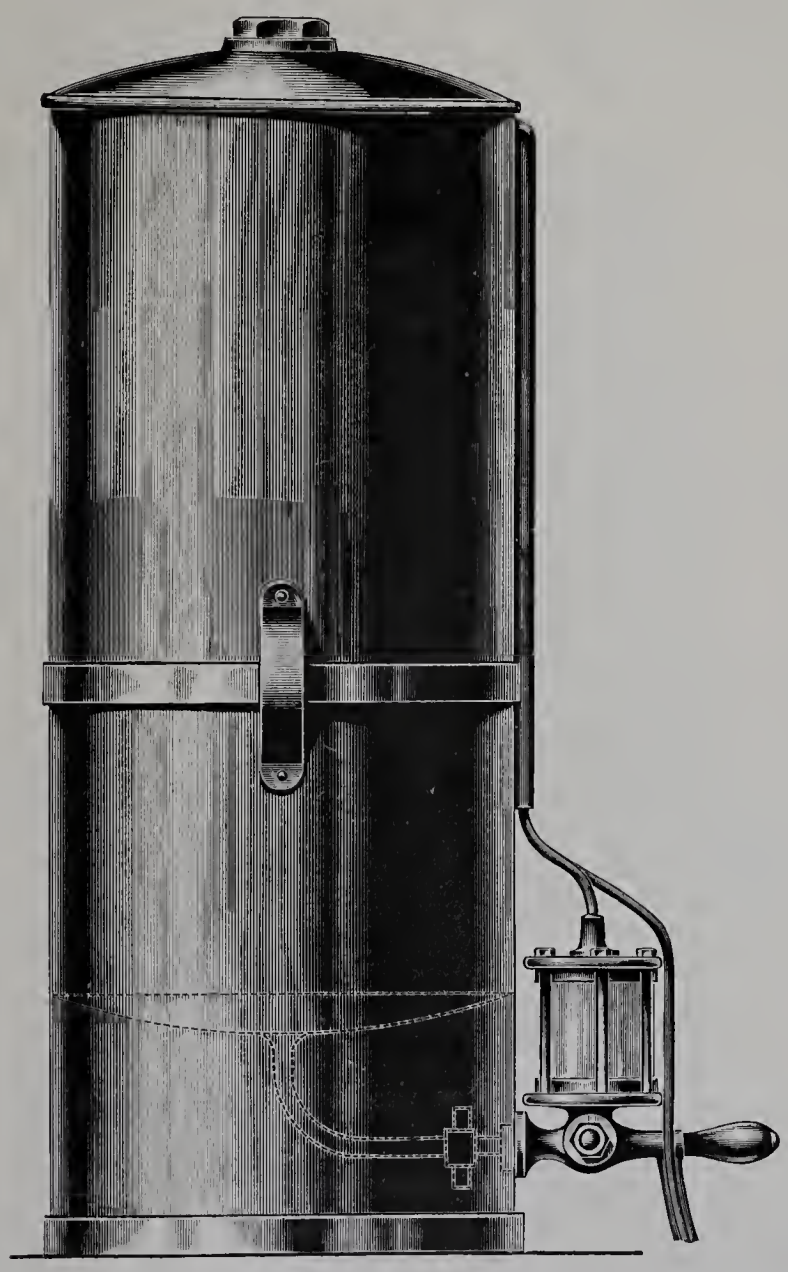


Fig. 246. — Appareil de remplissage automatique pour lampes de sûreté à benzine Wolf.

binée pour l'emploi de la benzine qui, comme on le sait, possède, avec un pouvoir éclairant supérieur à l'huile, la faculté de s'allumer sans difficulté au moyen de rallumeurs intérieurs et de déceler avec une grande sensibilité la présence du grisou. Le type des mines de Lens est muni du rallumeur Seippel à percussion établi par cette société et qui détermine l'inflammation de pastilles fulminantes déposées sur un ruban de papier.

La fermeture par rivet de plomb est du système Dinoire. Elle consiste en une petite boîte indépendante contenant un verrou et un ressort. Lorsque la boîte est placée contre le montant plat de la lampe et rivée avec ce dernier, on peut visser; mais le mouvement inverse est impossible. Les deux têtes du rivet portent chacune une lettre-cachet imprimée par la pince.

Les avantages de cette fermeture sont les suivants :

1° Rivure après le nettoyage. Ce qui permet, en premier lieu, de faire le travail à main reposée et sans précipitation, et, en second lieu, de procéder le lendemain à un allumage au dernier moment et à une distribution rapide;

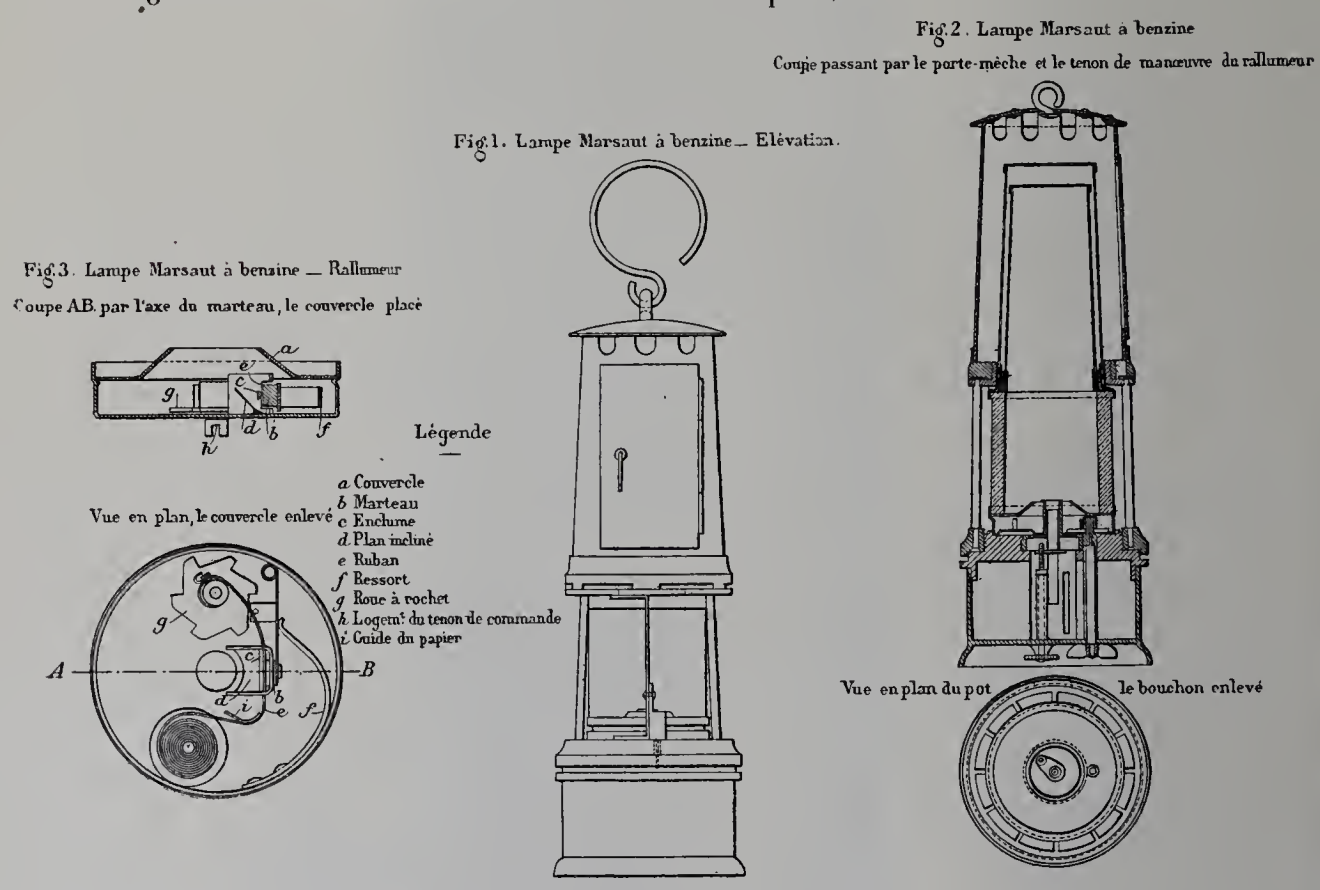


Fig. 247. — Lampe de sûreté à benzine des Mines de Lens.

2° Fermeture automatique en vissant pour prévenir tout oubli, volontaire ou non, de la part du lampiste;

3° Serrage continu jusqu'au *contact complet* du verre et du tissu avec le réservoir. — On évite ainsi l'emploi des rondelles ou de la bague anglaise, ou bien encore des ressorts sur le disque du haut du verre; systèmes qui présentent certains inconvénients;

4° Rivet bien apparent avec têtes éclairées par la flamme de la lampe, placé à l'abri de tout choc et de dépôt de poussières. — Ce qui rend la *vérification* facile et par un simple coup d'œil : d'abord, par l'ouvrier en acceptant sa lampe des mains du lampiste, puis par les chefs dans les travaux, et ensuite par le lampiste à la remise de la lampe par l'ouvrier;

5° Fraude impossible; la boîte s'échappe de la lampe lorsque le rivet est coupé;

6° Application facile et à très peu de frais à tous les systèmes de lampes;

7° Enfin, faible entretien de la boîte et de la lampe elle-même qui n'a plus un seul organe de fermeture dans son réservoir.

Les Mines de Lens emploient dans cette lampe de la benzine, ou plutôt une essence de pétrole spéciale pesant 695 grammes au litre et bouillant entre 58 et 120 degrés, et qui est absorbée et retenue par de la ouate dont est garni le réservoir.

Le pouvoir éclairant est de 0,60 bougie et sa flamme permet de déceler très nettement une teneur de grisou de 1 p. 100; avec de l'habitude, on reconnaît jusqu'à 1/2 p. 100.

Deux cents lampes de ce type étaient en usage en 1900 aux Mines de Lens et 1,000 étaient en fabrication.

Lampe de sûreté « Best ».

La lampe de sûreté « Best », de la maison Ackroyd et Best, possède les particularités suivantes :

a. Système révélant l'absence de la toile métallique dans le montage de la lampe; chapeau à vis;

b. Allumage électrique.

Les figures 248 et 249 montrent la constitution générale de cette lampe.

Pour monter la lampe, le manchon de toile métallique étant placé sur le verre cylindrique, on visse la bague de verre qui termine ce dernier dans la carcasse jusqu'à ce que les rebords inférieurs du manchon viennent prendre appui sur le haut de la carcasse. On fixe ensuite le chapeau à vis et le réservoir.

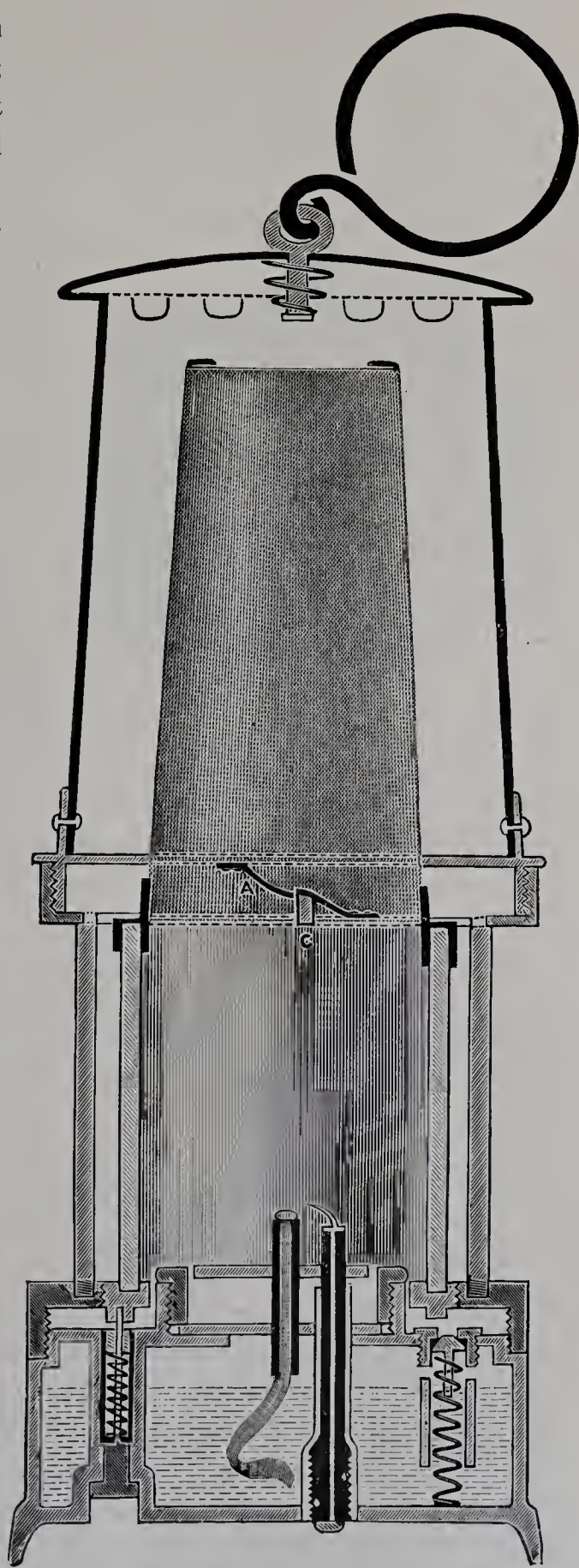


Fig 248. — Lampe de sûreté Best à allumeur électrique

Ce réservoir comporte une goupille A supérieure, maintenue par un ressort. La bague de verre B, d'autre part, présente à sa partie inférieure une série de dents inclinées dans le sens de la vis. Lorsqu'on visse le réservoir, la goupille prend appui sur les rampes inclinées des dents et glisse en s'enfonçant au passage de chaque dent. Lorsque le réservoir est vissé à fond, cette goupille s'oppose au mouvement de dévissage. La fermeture est complète. Pour ouvrir, on pose la lampe sur un fort électro-aimant qui, agissant sur le corps inférieur de la goupille, fait rentrer celle-ci dans le réservoir, on peut alors dévisser.

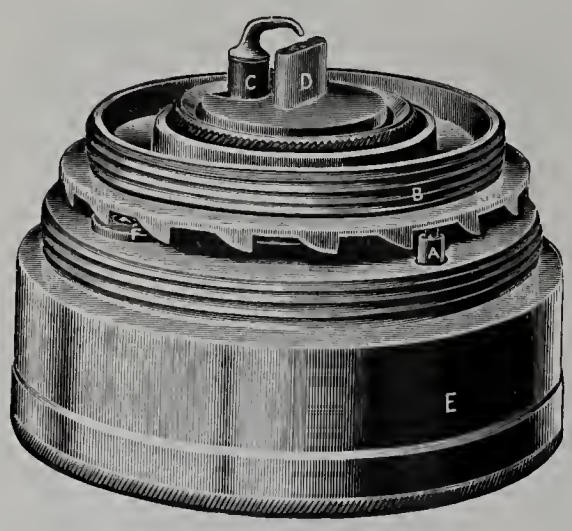


Fig. 249. — Réservoir de la lampe de sûreté Best, à allumeur électrique.

Si on a oublié de placer le manchon, l'épaisseur des rebords de ceux-ci manquant, la bague, lorsqu'on la monte sur la carcasse, se visse trop loin et les dents ne viennent plus en contact avec la goupille A, ce dont on s'aperçoit immédiatement.

Le chapeau à vis porte un fort ressort A (fig. 248) qui, lorsqu'on place le chapeau, glisse sur un arrêt C porté par le manchon et qui s'oppose au mouvement inverse une fois le chapeau vissé à fond. Si le manchon manque, on s'en aperçoit immédiatement au manque de résistance dans le dévissage.

L'allumage se fait électriquement. Pour cela, la lampe est traversée par un conducteur isolé terminé par une pointe recourbée C (fig. 249) au-dessus de la mèche et du porte-mèche D. Plaçant l'appareil sur un socle particulier portant une prise de courant particulier pour le bouton qui termine C, on fait passer le courant d'une batterie d'accumulateurs entre D et C. L'étincelle qui jaillit allume immédiatement la lampe.

Une disposition particulière d'un appareil allumeur électrique analogue permet de rallumer les lampes dans la mine.

Fermeture de lampe de sûreté des mines de Béthune.

La lampe (fig. 250) est du système Marsaut et la fermeture créée par la Compagnie est à rivet de plomb.

Elle se compose d'une rondelle en acier, munie de trois languettes formant ressort, qui viennent s'engager dans des encoches portées par l'armature supérieure.

Cette rondelle, reposant sur le réservoir d'huile, est reliée à ce dernier par une oreille percée d'un trou de 3 millim. 5, correspondant à une autre oreille, venue de fonte avec le réservoir, et percée également d'un trou correspondant au premier.

L'assemblage se fait par un rivet de plomb de 3 millimètres. Cette disposition assure un serrage graduel du verre tout en mettant la fermeture à l'abri des tentatives de l'ouvrier.

Le réservoir d'huile est en acier coulé (épaisseur : parois, 1 millimètre; fonds, 2 millimètres). L'intérieur en est étamé. La lampe ainsi établie a donné toute satisfaction et on a constaté que les ruptures de verre étaient réduites de plus de 50 p. 100. L'entretien est facile et très peu coûteux.

Allumage des lampes par l'électricité des mines de Blanzy.

Le système d'allumage électrique réalisé par les mines de Blanzy permet d'effectuer l'allumage des lampes sans les ouvrir, ces lampes pouvant être soit à huile, soit à essence. Il s'applique à tous les systèmes, moyennant une petite modification à leur faire subir.

Le dispositif employé a la forme d'un anneau qui se place entre le tamis et le verre.

Cet anneau se compose de deux rondelles métalliques séparées par une matière isolante au point de vue électrique et pouvant résister à la chaleur, comme l'amiante. Chacune de ces rondelles est munie d'un appendice intérieur que l'on réunit par un fil de platine. Celle qui se trouve à la partie inférieure porte un second appendice qui vient s'appliquer à l'extérieur du verre, et que l'on a soin de placer dans une échancrure ménagée dans la bague du tamis, lorsque l'on visse le chapeau sur le réservoir.

Avec cette disposition, on voit que la rondelle supérieure est en contact avec la partie métallique de la lampe, tandis que la rondelle inférieure en est complètement isolée; par conséquent, on pourra faire passer un courant dans le fil de platine en mettant en communication l'appendice extérieur et un point quelconque de la lampe avec les électrodes d'une source électrique. Celle-ci doit être capable de porter le fil de platine au rouge-cerise; on obtient alors l'allumage en approchant la mèche de ce fil.

Pour éviter l'inconvénient de l'étincelle de fermeture ou de rupture de courant, on adopte la disposition suivante.

La pile ou l'accumulateur est placé dans une petite armoire dont la tablette supérieure porte les électrodes; l'une d'elles se compose d'une glissière métallique munie de ressorts et communiquant avec l'un des pôles; l'autre est formée par un tasseau métallique garni à ses deux extrémités latérales de matières isolantes pour empêcher les contacts avec les barreaux du chapeau. Ce tasseau est fixé à l'extrémité d'une tige qui s'engage dans une petite boîte entièrement fermée, et autour de laquelle se trouve un ressort à boudin qui tend à l'écarter de celle-ci : lorsque le ressort est comprimé la tige s'enfonce dans la boîte et vient toucher le bouton métallique situé à l'intérieur, et communiquant avec le deuxième pôle de la source électrique.

Pour allumer la lampe on engage le bourrelet inférieur du réservoir dans la glissière et on place l'appendice extérieur contre le tasseau, puis on appuie de façon à comprimer le ressort : à ce moment le courant passe dans le fil et l'étincelle de fermeture se produit dans la boîte; il en sera de même pour celle de rupture lorsqu'on retirera la lampe.

Si le fil a un diamètre de 6/10 de millimètre, un accumulateur de 2 à 3 volts suffit pour rougir le fil; il suffit de placer à l'intérieur une petite résistance variable destinée à régulariser l'action de l'accumulateur.

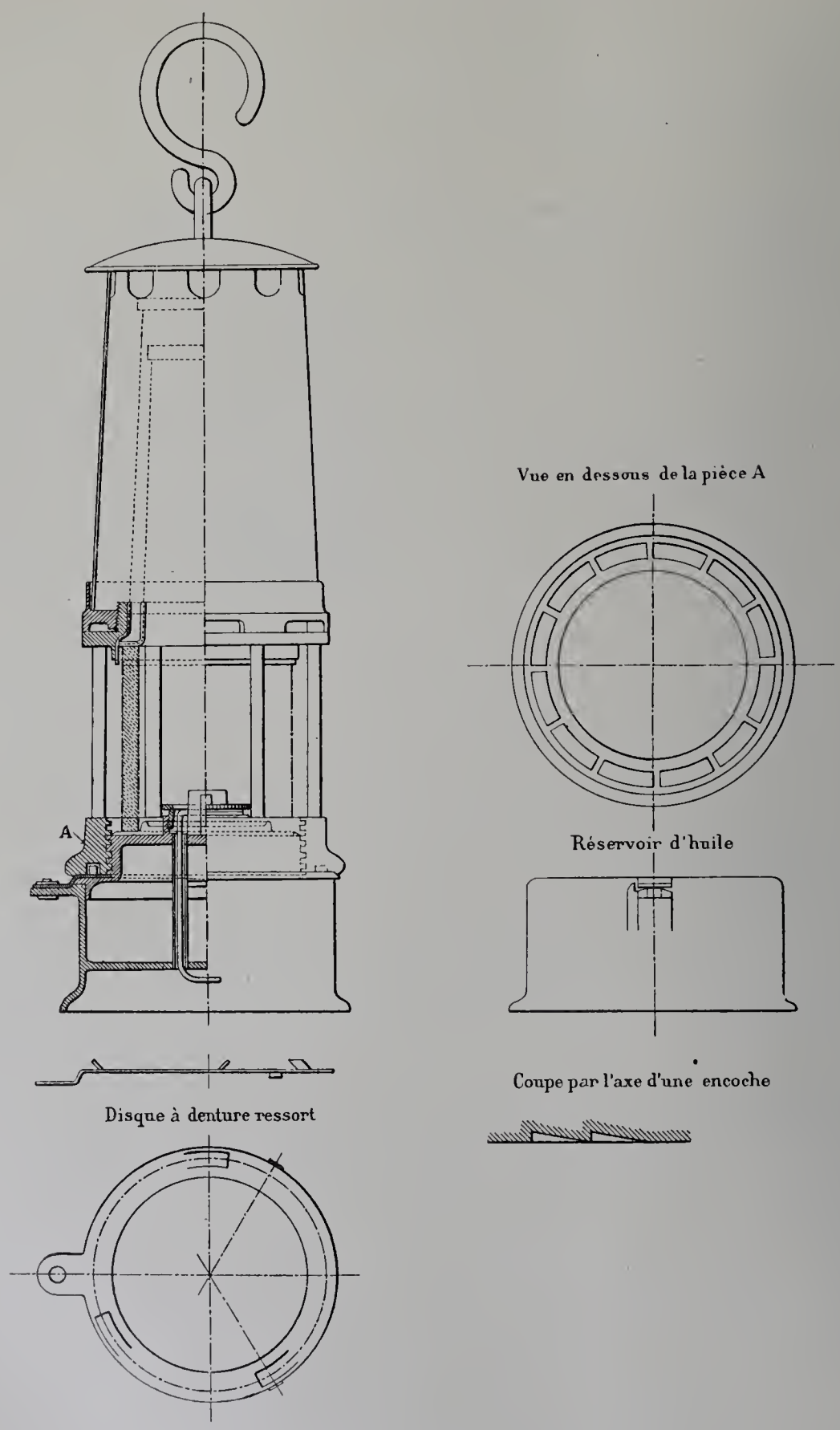


Fig. 250. — Lampe de sûreté des Mines de Béthune.

L'allumage des lampes de sûreté ordinaires demande un temps assez long, on est obligé d'y procéder au moins une heure avant le commencement de la descente des hommes; c'est une main-d'œuvre assez coûteuse et qui, de plus, fait perdre une partie de la durée d'éclairage des lampes. Avec le procédé actuel, les lampes étant préparées à l'avance, il suffit de les allumer au moment de les remettre aux ouvriers; cette opération est très rapide.

Appareil d'essai des lampes de sûreté des mines de Liévin.

Cet appareil (siège n° 1) est destiné à éprouver la résistance des lampes de sûreté dans les mélanges explosifs.

Il se compose (fig. 251) d'un tube rectangulaire de 1 mètre de longueur, de 390 millimètres de hauteur intérieure et de 120 millimètres de largeur intérieure, ouvert à une de ses extrémités et relié à l'autre extrémité à un tube conique dont la

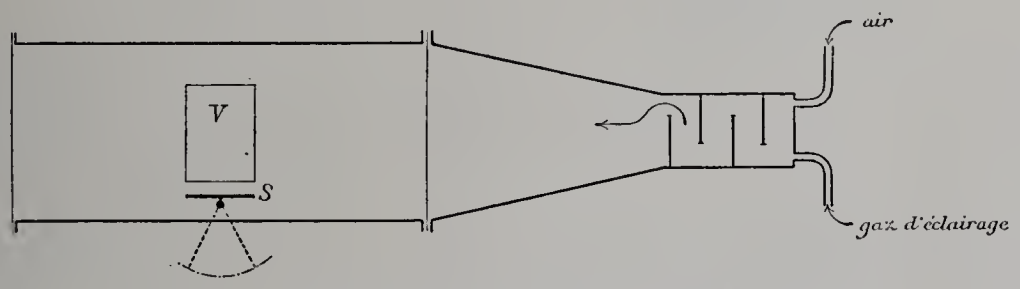


Fig. 251. — Appareil d'essai des lampes de mine des Mines de Liévin.

pointe porte deux robinets, l'un permettant l'arrivée d'air comprimé, l'autre l'introduction de gaz d'éclairage. On peut ainsi créer dans le tube un courant gazeux explosif dont la vitesse et la teneur sont faciles à déterminer.

Des chicanes placées dans la partie conique de l'appareil assurent l'homogénéité du mélange.

La lampe à essayer est placée à 0 m. 50 de l'extrémité libre du tube rectangulaire sur une tablette S qu'on peut tenir, à volonté, horizontale ou inclinée, suivant la position qu'on veut donner à la lampe par rapport à la direction du courant.

Une porte vitrée, placée en face de la lampe, permet de suivre les phénomènes.

En installant cet appareil, on n'avait pas en vue de procéder à des études générales sur les divers types de lampes de sûreté en usage dans les mines. Ces études sont faites depuis longtemps. On se proposait simplement de vérifier si les lampes ne présentent pas de défaut ayant pu échapper à la visite courante, soit quand elles entrent dans la mine, soit quand elles en sortent.

C'est le type Mueseler qui est employé à Liévin.

Pour le but à atteindre, il convient de placer la lampe à essayer dans un courant animé d'une vitesse à laquelle les lampes en bon état résistent dans tous les cas. C'est la vitesse de 1 m. 50 qu'on a choisie.

Dans ces conditions, la lampe Mueseler, en bon état, s'éteint toujours après une

petite explosion localisée dans le bas de la lampe. Le gaz brûle sous le diaphragme, en tournoyant autour de la cheminée. Quelquefois il se produit une série de petites explosions successives avant l'extinction, mais toujours localisées en dessous du diaphragme.

Cette installation a permis au personnel de la lampisterie de se familiariser avec les défectuosités que peut présenter une lampe et que ne révèle pas toujours une simple visite, tels que :

1° Raccord du diaphragme avec la cheminée qui peut laisser des vides ou fausser la maille du treillis;

2° Quelquefois le diaphragme se plie à son extrémité et empêche le bon serrage du verre contre le tamis;

3° Serrage insuffisant du tamis contre le verre, par suite du fonctionnement imparfait des ressorts qui doivent assurer ce serrage.

Lampe électrique de mines système Sussmann.

La lampe Sussmann est une lampe électrique à accumulateur. On a pendant longtemps écarté les types à accumulateurs en raison des difficultés de manutention des lampes contenant un électrolyte liquide qui pouvait se renverser, détruire les connexions et couper le courant.

Le type Sussmann est à électrolyte semi-solide, formé par de la pâte de papier imbibée d'acide sulfurique. Cette difficulté vaincue, restait à obtenir une combinaison pratique donnant une lampe robuste et remplissant les conditions de sécurité voulues.

D'une façon générale, chaque lampe comprend un accumulateur formé de deux éléments réunis en tension. Chaque élément comprend deux plaques de plomb négatives et une positive plongeant dans l'électrolyte plastique. Les deux éléments sont renfermés dans une boîte en ébonite à deux compartiments, bouchée hermétiquement par une couche épaisse de cire, enserrant les deux bornes de prise de courant et les deux orifices d'introduction du liquide destiné à humecter la pâte de papier. Ces deux orifices peuvent s'obturer par un bouchon. Ils laissent passer les gaz résultant des réactions intérieures.

La durée de l'accumulateur ainsi constitué peut s'évaluer à deux ou trois ans.

Ceci posé, il existe deux types de la lampe Sussmann :

1° *Type anglais.* — Le type anglais (fig. 252) comporte une boîte en tôle renfermant l'accumulateur et fermée par un couvercle également en tôle, couvercle monté à charnière et fermé à cadenas. C'est sur ce couvercle qu'est montée l'ampoule de la lampe à incandescence.

La lampe est fixée sur le couvercle et communique par deux fils isolés avec les bornes de prise de courant de l'accumulateur. Elle est protégée par un cylindre de verre maintenu entre le couvercle et un chapeau métallique au moyen de tirants à vis. Un réflecteur est placé d'un côté de l'ampoule. Un crochet est adapté au chapeau et rend la lampe portative.

Ce type ne présentait pas une fermeture suffisamment sûre et hermétique pour pouvoir répondre aux conditions stipulées par les règlements de certains pays, en particulier ceux de Belgique. Aussi la Compagnie de charbonnages belges, à Frameries, avant d'adopter cette lampe, lui a-t-elle fait subir certaines modifications que nous allons voir plus loin.

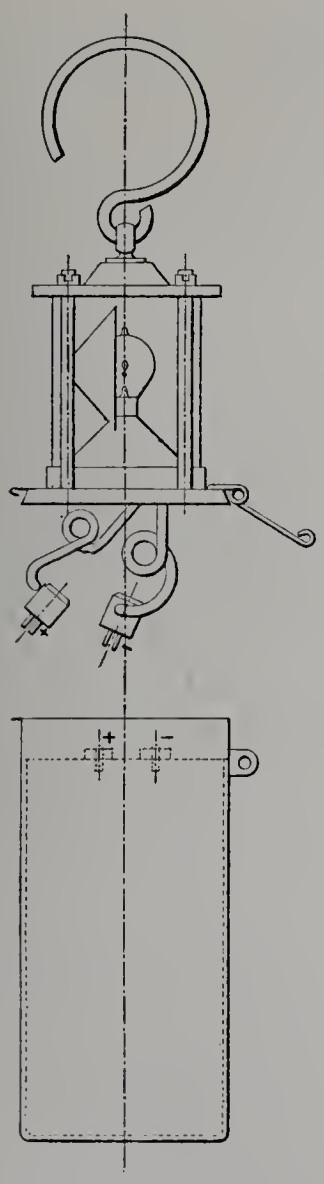


Fig. 252. — Lampe de sûreté électrique de mine, système Sussmann (type anglais).

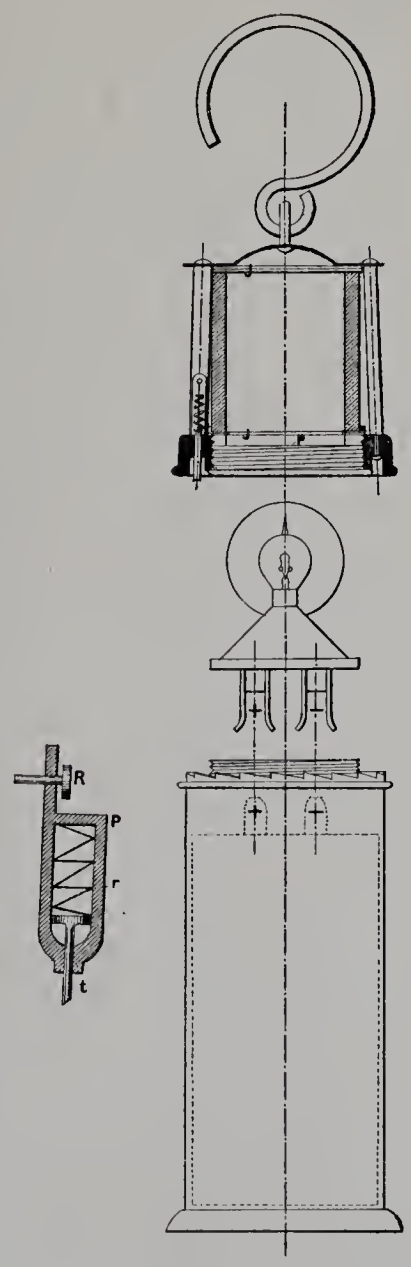


Fig. 253. — Lampe de sûreté électrique de mine, système Sussmann. Type belge de la Compagnie de charbonnages belges à Frameries.

Le type anglais pèse environ 1 kilogr. 75 et coûte 23 francs. Son pouvoir éclairant est le suivant :

Avec réflecteur : 1 bougie 25 (bougie anglaise).

Sans réflecteur : 0 bougie 75.

La durée de l'éclairage est de douze heures.

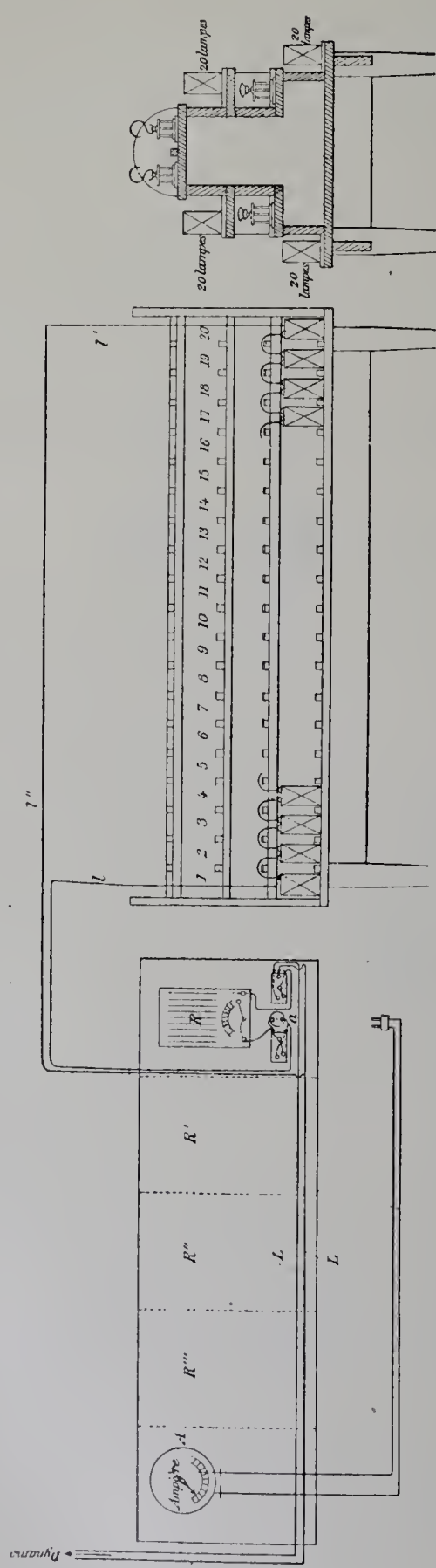


Fig. 254. — Station de charge des lampes électriques de mine Sussmann (Compagnie de charbonnages belges, à Frameries).

La Compagnie Sussmann (The Sussmann Electric Miners' Lamp C° Limited, à Londres) garantit comme coût de l'entretien normal 0 fr. 12 par lampe et par semaine.

Actuellement cette lampe est employée en Angleterre (2,000 lampes) et en Australie (200 lampes).

2° *Type belge* de la Compagnie de charbonnages belges à Frameries. — Ce type a fait l'objet d'une note de M. Abrassart dans la *Revue universelle des mines*, à laquelle nous empruntons les renseignements de cette notice. Les modifications ont été réalisées par M. Isaac Isaac, directeur-gérant de la Compagnie.

La première modification consiste dans le mode de fermeture. La boîte de tôle porte une tête circulaire munie d'une vis sur laquelle vient s'adapter le couvercle. Cette fermeture à vis est la même que celle des lampes de mines ordinaires de cette compagnie (fig. 253). L'accumulateur, ne pouvant alors être introduit par la tête circulaire du réservoir, l'est par le fond qui est ensuite obturé par un faux fond rapporté et soudé. On sacrifie la soudure à chaque remplacement d'accumulateur, ce qui n'arrive que tous les deux ou trois ans.

La lampe électrique est indépendante du couvercle proprement dit. Elle est montée sur un cône métallique et munie de son réflecteur. Le fond du cône porte deux pinces en cuivre qui entrent à frottement dur sur les bornes de prise de courant. Un repère placé sur le fond permet de mettre sans tâtonnement le cône dans l'orientation voulue pour l'ajustage des pinces sur les bornes. Cet ajustage ne se fait qu'au moment de l'allumage et de la distribution aux ouvriers.

Sur le tout se place la garniture à vis des lampes Mueseler (fermeture à rochet). Un tenon à ressort est placé dans une pièce rap-

portée P que l'on fixe contre un des montants du couvercle au moyen du rivet de plomb R. La rivure se fait avec des pinces imprimant la marque du charbonnage sur chaque face du rivet.

Le tenon *t* vient en contact avec les dents de la crémaillère, il cède grâce à son ressort pendant le mouvement de vissage. Mais il s'oppose au mouvement inverse, qui ne peut se faire qu'en enlevant la pièce P et son rivet.

L'anneau à vis porte le chapeau et les tirants. Le cylindre de verre est maintenu contre le chapeau par un porte-verre annulaire P fileté qui se visse dans l'intérieur de l'anneau de base. Des joints en cuir ou en caoutchouc J assurent l'étanchéité.

Le poids de ce type s'élève à 2 kilogr. 15. Toutefois, les mineurs de Frameries se sont habitués rapidement au port de cette lampe qui leur procure une lumière plus vive, facilitant ainsi considérablement leur travail.

Ce type a été accepté en 1899 et autorisé par le service des mines belge.

Chargement. — Comme annexe, nous noterons l'installation de la lampisterie à Crachet-Picquery pour le chargement de ces lampes.

L'appareil pour l'alimentation de 80 lampes Sussmann (fig. 254) comprend une étagère à deux faces portant quatre planchettes de vingt compartiments. On place les lampes dans ces compartiments et on les réunit en série au moyen de pinces de connexion.

Les bornes extrêmes de chaque série sont reliées à une ligne secondaire *ll'l'* branchée sur la ligne principale LL sortant de la génératrice.

Chaque ligne secondaire comprend une résistance R, interposée sur le circuit et destinée au réglage du courant de charge de la série correspondante.

Un ampèremètre à prise de courant mobile donne les indications nécessaires à cette charge; il se relie en *a* au circuit.

Le circuit principal comprend de plus un interrupteur automatique.

En 1900, les Charbonnages belges de Frameries employaient avec succès 220 de ces lampes dans deux de leurs sièges et indiquaient leur intention de généraliser l'usage de ce type à bref délai.

Lampe électrique de mines, système Neu-Catrice

La lampe Neu-Catrice, exposée par la Société d'Éclairage et d'Applications électriques d'Arras, est une lampe à accumulateur.

L'électrolyte employé est liquide au lieu d'être pâteux, comme on l'a réalisé dans le type Sussmann. Toutefois la disposition employée permet d'éviter tout écoulement accidentel de l'eau acidulée.

La constitution de cette lampe est la suivante (fig. 255) : une boîte rectangulaire en tôle plombée renferme les accumulateurs qui sont contenus dans deux vases en ébonite demi-souple, à raison d'un élément par boîte.

Les éléments employés sont du type l'*Étampé* construit par la Société d'éclairage, et sont constitués par une grille unitaire positive comprise entre deux grilles négatives.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Cette batterie de deux éléments peut donner un débit de 0 amp. 8 pendant douze heures sous 3 volts 9. Les boîtes d'ébonite sont fermées hermétiquement; un orifice fermé par un bouchon spécial vissé en ébonite permet de remplir les accumulateurs d'eau acidulée et de réparer les pertes toutes les semaines.

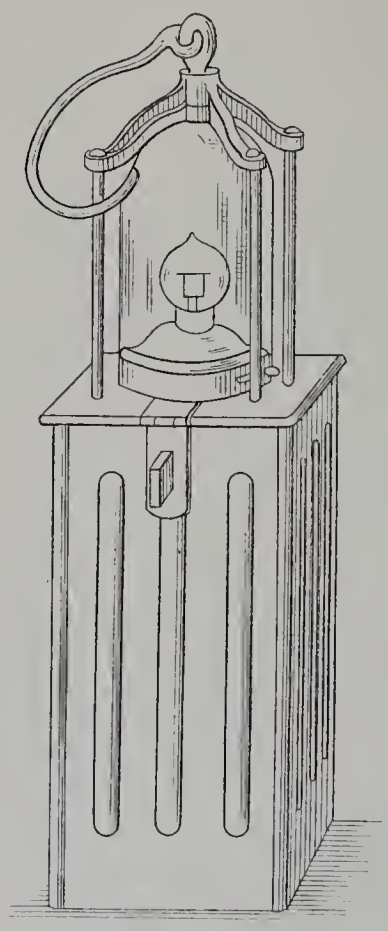


Fig. 255. — Lampe électrique de mine Neu-Catrice.

La grille unitaire dont nous venons de parler est formée (fig. 256) par une plaque de plomb antimonié, découpée à la presse, et qui, au moyen d'une autre presse et d'une poinçonneuse, est divisée dans son intérieur en 32 compartiments, lesquels portent quatre alvéoles séparées par une croix de faible épaisseur. Dans ces 32 compartiments on comprime du plomb spongieux chimiquement pur, qui est maintenu solidement en place par la croix noyée ainsi dans chaque compartiment plein. Ce plomb spongieux est ensuite transformé dans les alvéoles mêmes en oxyde naturel Planté par une formation électrolytique de charges et décharges successives.

Chaque grille pèse 0 kilogr. 310. Elle a une capacité de 7.5 ampères-heures pour un régime de décharge d'une heure, et de 15 ampères-heures pour un régime de décharge de treize heures. Ses dimensions sont de 118 millimètres de hauteur sur 68 de large.

La boîte de tôle plombée qui renferme les deux éléments est fermée par un couvercle mobile qui peut être fixé à la boîte par un rivet de plomb à empreinte.

Le couvercle porte un socle en ébonite servant de support à un globe protecteur en verre épais. La partie supérieure de ce globe est serrée avec interposition d'une rondelle de caoutchouc par un croisillon en acier relié au couvercle de la boîte par trois colonnettes.

(coupe)

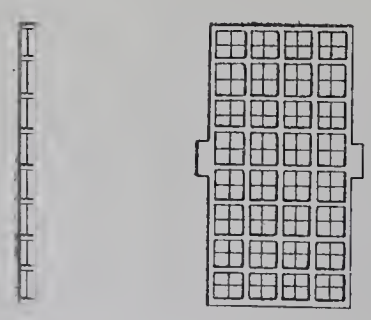


Fig. 256.
Grille unitaire de l'accumulateur (lampe Neu-Catrice).

Ce globe est recouvert intérieurement sur une de ses moitiés par un vernis demi-translucide formant réflecteur, tout en laissant diffuser à l'arrière une certaine quantité de lumière.

Le socle d'ébonite porte deux supports destinés à recevoir les queues constituant le culot des petites lampes employées. Ces lampes sont à filament droit et donnent un éclairage de 1,5 bougie avec une consommation de 0,75 ampère.

La durée d'éclairage est d'environ quatorze heures. Un interrupteur à bouton est placé sur le socle et permet l'allumage ou l'extinction à volonté, ce qui donne, dans beaucoup de cas, une économie de lumière précieuse.

Près du bouton de l'interrupteur se trouve également, dans le socle, une petite fenêtre qui sert à introduire une broche spéciale pour le chargement de l'accumulateur, sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir pour cela le couvercle. Cette fenêtre est fermée en temps normal par un volet mobile relié par un dispositif simple au bouton de l'interrupteur, de telle sorte qu'on ne puisse ouvrir le volet que lorsque l'interrupteur est à l'arrêt, et réciproquement qu'on ne puisse allumer la lampe que lorsque la broche de chargement est retirée et le volet fermé. On empêche, de la sorte, que lors de la charge le courant de charge qui est à 5 volts ne soit accidentellement envoyé dans la lampe qui serait alors brûlée.

Le chargement des lampes se fait au moyen d'une table de chargement comportant des séries de 20 ou 40 cases (suivant que le courant est à 110 ou 220 volts). Chaque série possède un tableau portant un rhéostat de réglage à cadran, un disjoncteur à minimum, un ampèremètre, un commutateur unipolaire à deux directions et plot isolé, et enfin un rhéostat dit *de coup de fouet,* constitué par une lampe de 42 bougies. Ce dernier rhéostat est destiné à absorber le coup de fouet du commencement de décharge des lampes; après la charge des 40 lampes, on les met en décharge pendant dix minutes sur cette lampe et on les met ensuite en service.

Au-dessus de la case de chaque lampe se trouve une broche de chargement constituée par une pièce plate en ébonite portant sur une de ses faces deux lames de ressort en laiton; la disposition de cette pièce évite donc une erreur de polarité possible. Elle est fixée à l'extrémité d'un cordon souple à deux conducteurs, dont l'autre extrémité aboutit à un commutateur sans plot mort, permettant soit d'admettre le courant dans la lampe, soit de l'envoyer dans une résistance de 5 ohms portée par le socle du commutateur. Cette disposition permet de faire le chargement, quel que soit le nombre des lampes sur la table, les lampes manquantes étant remplacées par des résistances équivalentes.

Ce chargement se fait pendant dix heures, à 1 ampère et 5 volts.

Le poids total de la lampe de type courant (1 bougie 5) est de 2 kilogr. 400. Une autre lampe, type 1 bougie, est construite par la Société et pèse 2 kilogrammes seulement, avec la même durée d'éclairage, soit quatorze heures.

L'entretien se fait, comme nous l'avons dit, toutes les semaines, en dévissant les bouchons des vases d'ébonite et en versant quelques gouttes d'eau acidulée avec une pipette.

Cette lampe, très récente, n'a pas encore reçu d'application d'assez longue durée pour que l'on puisse avoir des données précises sur les résultats pratiques de son emploi, sur le coût d'entretien, réparation, etc., et sur le prix de revient de son éclairage comparé aux anciens systèmes. Toutefois il est intéressant de noter la tentative faite en ce sens par la Société d'éclairage et M. Neu, ingénieur électricien, en raison de l'importance qui s'attache actuellement à l'étude d'un type de lampe électrique de mine, pratique et légère.

CHAPITRE XI.

APPAREILS DE LABORATOIRE.

Obus calorimétrique de M. P. Mahler.

M. P. Mahler a établi un appareil calorimétrique, modification d'appareil existant déjà (appareil Berthelot et Vieille), et qui permet de déterminer les capacités calorifiques des corps combustibles (houilles, charbons, gaz, etc.), solides, liquides et gazeux, d'une façon simple et rigoureuse. Nous extrayons les renseignements suivants d'une notice intéressante communiquée par M. Golaz, constructeur :

Principe de l'appareil. — Dans une capacité à parois résistantes, on place le combustible; on introduit ensuite de l'oxygène sous une pression convenable et on ferme exactement l'enceinte. Si l'on immerge alors l'appareil dans l'eau d'un calorimètre et que l'on enflamme par un artifice quelconque le combustible, celui-ci, grâce à la grande quantité d'oxygène, brûle complètement et presque instantanément. Sa chaleur dégagée se transmet, sans aucune déperdition, à l'eau du calorimètre et aux diverses pièces de l'appareil, et il est facile de l'estimer comme dans toutes les opérations calorimétriques. Seulement, dans le cas présent, eu égard à la rapidité de l'expérience, la plupart des corrections en usage dans les cabinets de physique deviennent négligeables, par exemple celles qui proviennent de l'évaporation de l'eau.

Description de l'appareil (voir figure 257). — L'appareil de M. Mahler se compose essentiellement d'un obus B, d'un calorimètre D, d'une enveloppe isolatrice A et d'un agitateur S.

L'*obus* est en acier supérieur doux, forgé; la qualité en a été choisie avec soin[1].

L'obus a 654 centimètres cubes de capacité; ses parois ont 8 millimètres d'épaisseur.

Cette capacité, qui est bien plus grande que celle de la bombe calorimétrique de M. Berthelot, a d'abord l'avantage d'assurer dans tous les cas une parfaite combustion du charbon par un certain excès d'oxygène, même quand la pureté de ce gaz livré par le commerce laisse un peu à désirer. En outre, l'obus peut ainsi servir à l'étude des gaz des gazogènes de l'industrie qui contiennent jusqu'à 70 p. 100 de matières inertes et dont il faut prendre une quantité importante si l'on veut déterminer une élévation observable de la température du calorimètre.

L'obus est nickelé extérieurement. Intérieurement, il est préservé par une couche d'émail[2] contre l'action corrosive de l'acide azotique qui se forme toujours pendant la

[1] La chaleur spécifique de l'acier est 0,1150. — Cette chaleur spécifique a été déterminée par M. Matignon au Collège de France (laboratoire de M. Berthelot).

[2] La chaleur spécifique de l'émail est 0,2045. — Cette chaleur spécifique a été déterminée par M. Matignon au Collège de France (laboratoire de M. Berthelot).

combustion. Cette couche d'émail, nécessaire à la conservation de l'appareil, remplace la chemise de plusieurs milliers de francs de platine qui garnit l'appareil du Collège de France.

L'obturation de l'obus se fait par un bouchon à vis, qui vient serrer une rondelle de plomb. Le bouchon porte un robinet à vis pointeau qui sert à l'introduction de l'oxygène[1]; il est traversé par une électrode de platine bien isolée, prolongée, à l'intérieur, par une tige de platine E.

Une autre tige de platine également fixée au bouchon soutient la capsule plate C où où l'on place le combustible à essayer.

On enflamme celui-ci en le mettant en contact avec une petite spirale en fil de fer F qu'un courant électrique brûle au moment voulu et qui joue ainsi le rôle d'amorce.

Le calorimètre, l'enveloppe isolatrice et l'agitateur diffèrent, par de nombreux détails qui en ont diminué le prix de revient, des pièces analogues de l'appareil en usage dans le laboratoire de M. Berthelot.

L'agitateur hélicoïdal de M. Berthelot est ici commandé par une combinaison cinématique très simple et très douce qui permet à l'opérateur d'imprimer, sans fatigue, au système un mouvement régulier[2].

Signalons encore les thermomètres qui indiquent les cinquantaines de degré, le générateur d'électricité (magnéto, ou pile au bichromate) de 12 volts et 2 ampères, et un compteur à secondes.

Sur le côté droit du pied portant le manomètre est posé un robinet pointeau à vis micrométrique permettant l'introduction très facile du gaz oxygène dans l'obus; cette modification permet l'introduction lente et évite de se servir du robinet du tube à oxygène qui, généralement, a un dégagement trop fort.

M. Mahler emprunte l'oxygène à un tube comme on le voit sur la figure ci-contre. Comme la pression convenable pour la combustion de 1 gramme de houille est de 25 atmosphères au plus et que le tube de modèle courant renferme 1,900 litres (120 atmosphères), on dispose donc d'une provision pour une centaine d'expériences.

Détermination d'un pouvoir calorifique avec l'obus. — L'opération est des plus simples. Voici, du reste, comment il faut procéder pour déterminer le pouvoir calorifique d'un combustible solide ou liquide.

On pèse 1 gramme de la substance à essayer dans la capsule C, on ajuste le petit morceau de fil de fer F (n° 28 à n° 30), d'un poids connu, qui sert d'amorce. Après avoir introduit le tout dans l'obus, on serre fortement le bouchon de la chambre de combustion, que l'on saisit, à cet effet, entre les mâchoires d'un étau Z.

On met le robinet pointeau de l'obus en communication avec le tube d'oxygène O. Ouvrant ensuite le robinet de celui-ci avec précaution, on laisse entrer l'oxygène dans

[1] Le petit carré ménagé au-dessus du bouton molleté du robinet pointeau sert à retenir au moyen d'une clef quand on fait le serrage du raccord de la partie supérieure.

[2] Le mécanisme de l'agitateur est tel que l'on peut régler facilement la course de cet organe et ensuite le manœuvrer sans crainte de casser le thermomètre.

l'obus jusqu'à ce que le manomètre marque 25 atmosphères. Après avoir fermé le robinet du tube à oxygène, on ferme aussi très exactement le robinet pointeau et on détache le tube qui faisait communiquer l'obus avec le récipient d'oxygène.

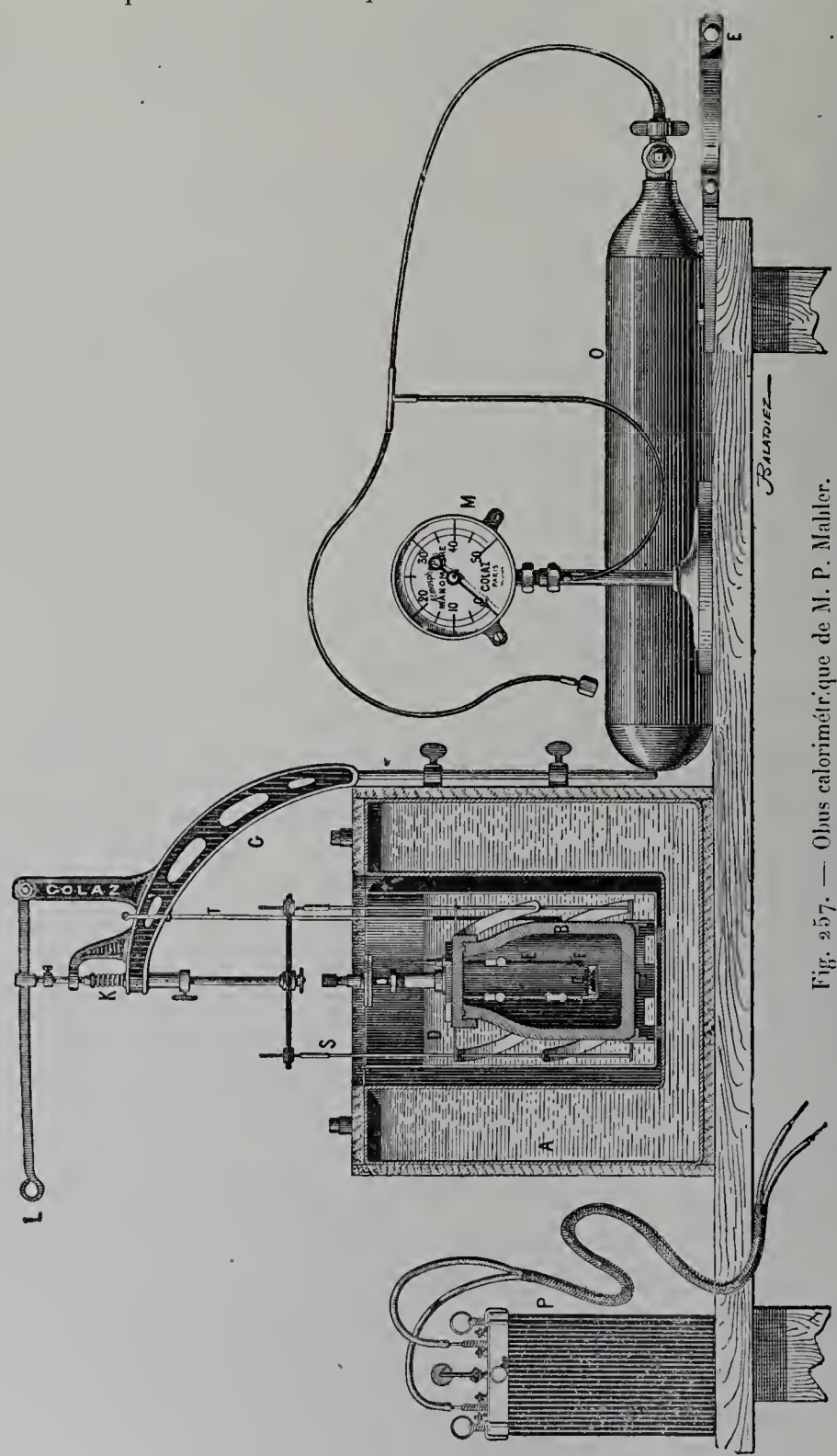


Fig. 257. — Obus calorimétrique de M. P. Mahler.

Il est recommandé de ne pas peser la substance et en particulier le charbon en poudre trop fine, et aussi d'introduire lentement l'oxygène, de peur de soulever par le courant de gaz la matière qui se trouve dans la capsule.

L'obus ainsi préparé est placé dans le calorimètre A. On y dispose le thermomètre T et l'agitateur S, puis l'on y verse l'eau qui a été préalablement jaugée. On agite quelques instants le liquide pour que l'ensemble du système se mette à peu près en équilibre de température et on commence l'observation.

On note la température de minute en minute pendant cinq minutes environ, de façon à fixer la loi que suit le thermomètre avant l'inflammation. Puis on met le feu en approchant de l'obus les électrodes d'une pile ou d'une machine électrique : une électrode est appliquée sur une borne correspondant à la tige de platine E, et l'autre en un point quelconque du robinet. L'inflammation a lieu aussitôt.

On note la température une demi-minute après le commencement de la minute où a eu lieu la mise en feu, puis à la fin de la minute, et on continue les observations thermométriques de minute en minute jusqu'au point à la suite duquel le thermomètre commence à baisser régulièrement. C'est le maximum.

On continue l'observation encore pendant cinq minutes de façon à fixer la loi que suit le thermomètre après le maximum.

On a alors les éléments principaux du calcul, et en particulier de l'unique correction calorimétrique qu'il est convenable de faire dans les circonstances de l'opération. C'est la correction due à la perte de chaleur que le calorimètre a éprouvée pendant l'opération.

Cette correction s'effectue facilement d'après la règle suivante, vraie dans de très larges limites, même dans le cas où l'équivalent en eau du système ne serait que la moitié de celui de l'appareil de M. Malher :

1° La loi de décroissance de température observée à la suite du maximum représente la perte de chaleur du calorimètre avant le maximum et pour une minute considérée, à la condition que la température moyenne de cette minute ne diffère pas de plus de 1 degré de la température maximum ;

2° Si la température de la période considérée diffère de plus de 1 degré, mais de moins de 2 degrés, de celle du maximum, le chiffre qui représente la loi de décroissance au moment du maximum, diminué de 0,005, donne encore la correction cherchée.

Les deux remarques précédentes suffisent dans tous les cas. On conviendra d'ailleurs — et cela sans altérer la précision de l'opération — que la loi de variation suivie pendant la première moitié de la minute où a eu lieu l'inflammation est celle qui existait au moment du minimum.

Pendant toute la durée de l'observation, l'expérimentateur doit avoir soin de faire fonctionner régulièrement l'agitateur.

Lorsque l'observation est terminée, on ouvre d'abord le robinet pointeau, puis l'obus lui-même.

On lave l'intérieur de l'obus avec un peu d'eau, de façon à réunir le liquide acide formé pendant l'explosion [1].

[1] La proportion d'acide entraîné par l'oxygène s'écoulant par le robinet pointeau est absolument négligeable.

On dose l'acide azotique acidimétriquement, et l'on possède alors tous les éléments du calcul, puisque le pouvoir calorifique Q est en somme :

$$Q = \Delta (P + P') - (0{,}23\, p + 1{,}6\, p').$$

Δ étant la différence de température corrigée;
P, le poids de l'eau du calorimètre;
P′, l'équivalent en eau de l'obus et des accessoires;
p, le poids de l'acide azotique (AzO^5, HO) constaté;
p', le poids de la petite spirale de fer;
0,23, la chaleur de formation de 1 gramme d'acide azotique dilué;
1,6, la chaleur de combustion de 1 gramme de fer.

S'il s'agit d'un essai de houille, en procédant ainsi on ne tient pas compte de la petite quantité d'acide sulfurique qui résulte de l'oxydation du soufre de l'échantillon et qui se trouve dosée comme acide azotique. L'erreur est en effet négligeable dans une expérience industrielle. Mais on remarquera que le soufre étant entièrement oxydé et transformé en acide sulfurique[1], l'obus donne un moyen de l'évaluer. Dans ce cas il vaut mieux, d'ailleurs, brûler 2 grammes sous 30 atmosphères, sans du reste faire les observations du thermomètre.

On procède de même pour un liquide que pour un solide. Toutefois, si le liquide émet des vapeurs sensibles, il est bon de peser la prise d'essai dans une ampoule mince à pointes effilées, par où passera l'amorce en fil de fer. A l'instant où l'on introduit l'ampoule dans l'obus, il faut avoir soin de briser ces pointes, pour permettre l'accès de l'oxygène jusqu'au contact du liquide.

M. P. Malher a également déterminé la puissance calorifique de divers gaz. La manipulation est aisée : après avoir fait le vide dans l'obus exactement jaugé, on le remplit une première fois de gaz; on fait le vide une seconde fois, et on introduit définitivement le gaz sous la pression barométrique et à la température du laboratoire; on ajoute alors l'oxygène et on procède comme pour les solides et les liquides.

La détermination du pouvoir calorifique des gaz offre une difficulté particulière : il faut se garder de diluer le gaz dans une quantité telle d'oxygène que le mélange cesserait d'être combustible. Pour le gaz d'éclairage 5 atmosphères d'oxygène suffisent. Pour le gaz des gazogènes industriels on ne dépassera pas une demi-atmosphère mesurée par un manomètre à mercure.

Détermination de l'équivalent en eau du système. — Pour déterminer le terme de cor-

[1] On peut tenir compte de la chaleur dégagée par la formation de l'acide sulfurique dilué SO^3,HO, c'est-à-dire 0^{cal},73 par gramme de SO^3,HO. — Dans le cas de l'essai d'une substance peu hydrogénée, le coke par exemple, il se forme si peu d'eau, que la quantité est insuffisante pour dissoudre les acides. Il convient alors de mettre au fond de l'obus quelques centimètres cubes d'eau, dont on tient compte dans le calcul.

rection représentant l'équivalent P′ exact en eau du système, le plus simple est de faire la double expérience suivante :

On brûle dans l'obus un poids connu, 1 gramme par exemple, d'un produit de composition bien fixe, de la naphtaline par exemple, et avec 2,300 grammes d'eau dans le calorimètre.

On brûle ensuite environ 1 gramme de naphtaline, par exemple, avec seulement 2,100 grammes d'eau dans le calorimètre.

On a alors deux équations entre lesquelles on élimine la chaleur de combustion de la naphtaline, et l'on en déduit la valeur de l'équivalent en eau.

Il faut avoir soin de ne peser la naphtaline qu'après l'avoir légèrement fondue. Cette substance est si légère que si on ne l'agglomérait pas ainsi, l'oxygène, en entrant dans l'obus, pourrait en éparpiller quelques milligrammes qui ne seraient pas brûlés.

CHAPITRE XII.

APPAREILS DE PRÉPARATION MÉCANIQUE DES CHARBONS ET MINERAIS.

CRIBLAGE. — LAVAGE. — TRIAGE. — CLASSEURS.

Nous aurons à signaler et passer en revue dans ce chapitre quelques dispositions intéressantes. En dehors des perfectionnements importants réalisés dans la disposition générale des ateliers, comme on le verra pour les mines de Béthune et d'Aniche (criblage et lavage), on a réalisé des types nouveaux d'appareils classeurs-séparateurs qui méritent une mention spéciale.

Parmi ces derniers nous citerons les intéressants appareils hydro-classeurs, classeurs à tamis et tables oscillantes de M. Ferraris, des mines de Monteponi, ainsi que son séparateur magnétique, et la table tournante de M. Lenicque.

Dans la préparation mécanique des charbons la tendance la plus générale consiste à établir les ateliers de triage à sec à la sortie des fosses et à concentrer les charbons à laver de toutes les fosses dans un ou plusieurs grands ateliers de lavage puissamment outillés. Les cribles fixes sont devenus rares; ils ont été supplantés par les cribles mus mécaniquement, soit à barreaux mobiles, soit à tôles perforées. Nous citerons, parmi ces derniers, les cribles rotatifs, sans chocs, tels que les cribles Coxe, dont on trouve d'assez nombreuses applications.

La disposition générale des ateliers de criblage, triage et lavage est conçue la plupart du temps de façon à ce que les produits utilisent le plus possible la gravité, depuis le culbuteur ou la noria d'élévation jusqu'aux trémies réservoirs, aux tours ou aux wagons de chargement. Les services de triage sont disposés de façon à permettre la séparation des sortes voulues, ou la reconstitution à volonté de mélanges de plusieurs sortes.

Les installations de Béthune et d'Aniche, conçues sur des bases différentes, donneront une idée assez exacte de l'état actuel de la question.

Broyeurs (Hardy Patent Pick C°).

1° *Broyeur Devil.* — Ce broyeur est formé (fig. 258) essentiellement de deux roues dentées qui tournent l'une dans l'autre.

Les dents disposées sur les couronnes des roues sont placées sur les faces qui se font vis-à-vis en 3 cercles concentriques. Le cercle le plus éloigné du centre, 1, est formé de dents petites et serrées; les autres 2 et 3 ont des dents de plus en plus larges et de plus en plus espacées. Les cercles de dents des deux roues sont disposés de façon à ce que les cercles de l'une pénètrent entre les cercles de l'autre.

Ceci posé, une des roues est fixe F et placée contre le bâti. L'autre M est mobile et est entraînée par l'axe A. Cet arbre est maintenu à une extrémité par un fort ressort R, à l'autre par un volant V. — Le volant V permet de rapprocher les deux roues ou, par l'action du ressort, de les éloigner.

La roue M entraînée par l'arbre tourne avec une grande vitesse allant de 600 à 800 tours à la minute. Les matières introduites par l'intérieur sont saisies par les dents et passent par des interstices de plus en plus petits, jusqu'à la périphérie. La grosseur finale obtenue est réglée par la distance des deux roues.

Ces broyeurs (fig. 259) se font en diverses grandeurs. Ils peuvent broyer de 250 kilogrammes à 30 tonnes à l'heure, avec une puissance variant de 4 HP à 35 HP. Les petits font 900 tours et les gros 600 ou 700.

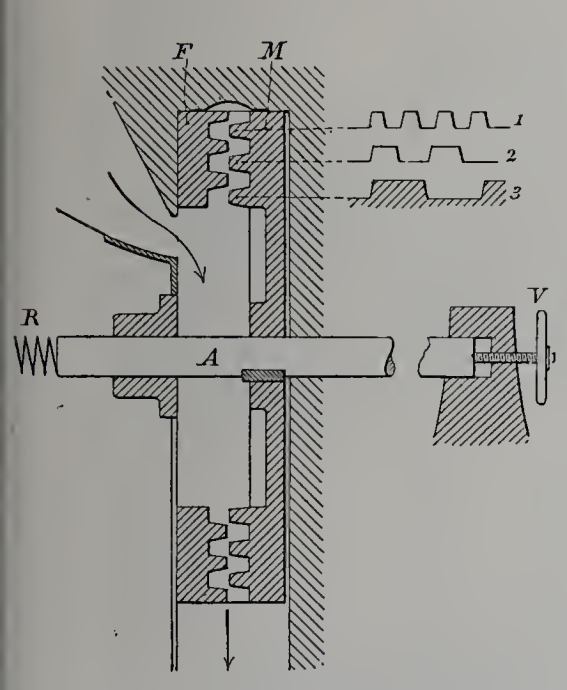


Fig. 258. — Schéma du broyeur Devil.
(Hardy Patent Pick C°.)

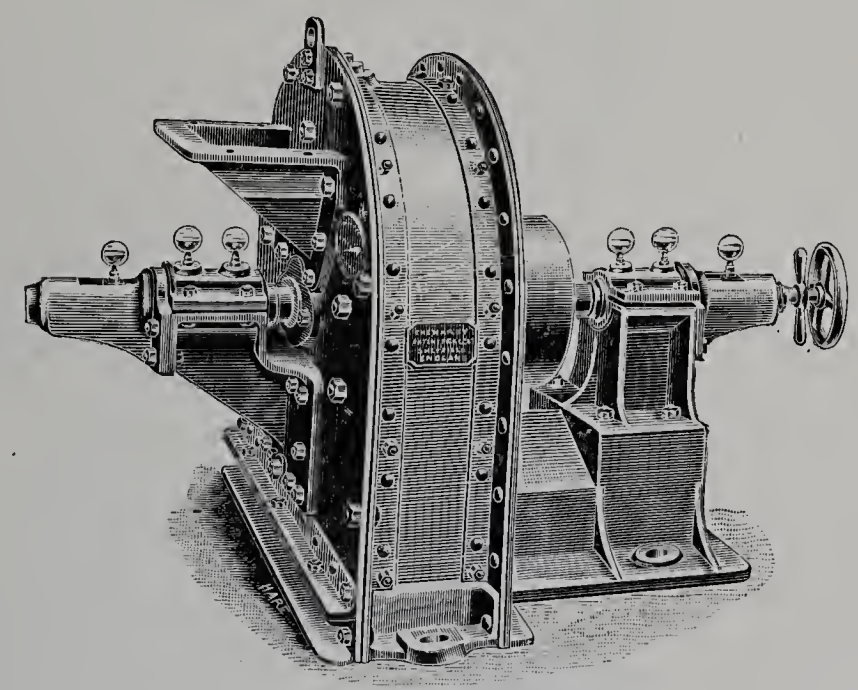


Fig. 259. — Broyeur Devil.
(Hardy Patent Pick C°.)

Ils ne broient que des substances peu dures comme le charbon et quelques minerais, et des substances très tendres comme le caoutchouc, le liège, le bois, etc.

Ils peuvent naturellement marcher dans les deux sens.

Il est assez curieux qu'avec ce système et les substances qu'il broie, on n'observe aucun collage ni encroûtement.

2° *Broyeur Multiple.* — Le principe de ce broyeur est tout à fait différent du précédent.

Il est formé (fig. 260 et 261) d'un certain nombre de chambres cylindriques C, de diamètres de plus en plus petits et dont les parois sont recouvertes de dents.

Dans l'axe de ces cylindres tourne un arbre A portant une série de battoirs B à palettes d'acier, logés dans chacune des chambres.

Chaque couronne est séparée de la suivante par un rebord *r*. Chaque chambre est parcourue par 4 battoirs en croix.

Les matières à pulvériser ou broyer entrent en E par la chambre la plus petite; elles sont entraînées par les battoirs contre les dents des couronnes où elles se broient. Le

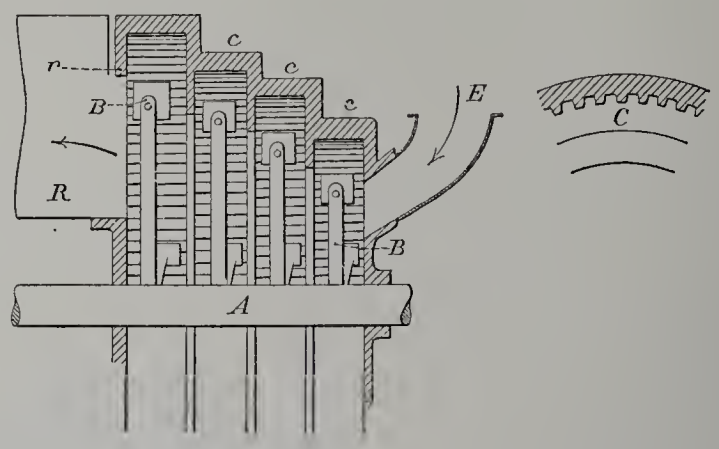


Fig. 260. — Schéma du broyeur Multiple (Hardy Patent Pick C°).

mouvement des battoirs, qui se fait à raison de 2,000 à 2,500 tours à la minute, produit un courant d'air assez violent de E vers R, c'est ce courant d'air qui fait passer les matières d'une chambre dans l'autre; ces matières se broient de plus en plus finement, et finalement sont entraînées par l'air dans un récipient R où on les reçoit.

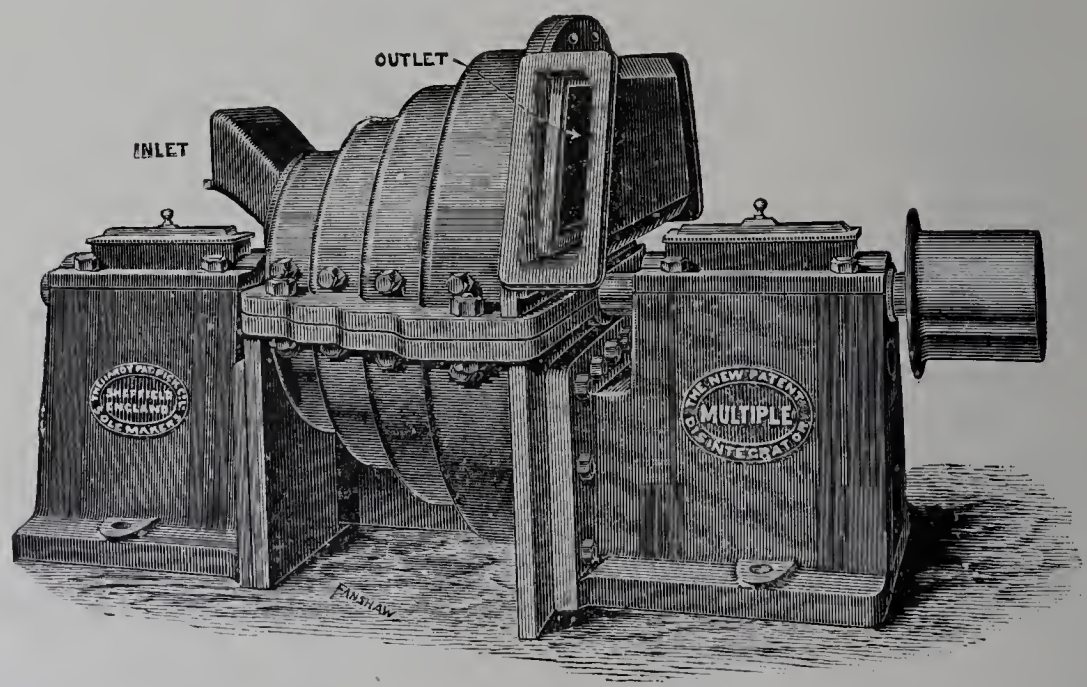


Fig. 261. — Broyeur Multiple (Hardy Patent Pick C°).

En raison de cet air qui est refoulé en même temps que les matières, on emploie souvent cet appareil pour broyer et souffler le charbon dans les foyers de chaudières.

De même que dans l'autre système, on n'observe aucun encroûtement, quelle que soit la matière broyée, cuir, liège, bois, matières humides, etc.

Ils broient suivant leur grandeur de 150 kilogrammes à 2 tonnes à l'heure avec une vitesse de rotation de 2,500 à 2,000 tours et une puissance de 5 à 50 HP.

Leur rendement est d'ailleurs variable avec la finesse exigée.

Ils peuvent broyer en poudre impalpable.

Crible Coxe.

On connaît le principe de ces cribles, qui avait déjà été représenté en 1889 par quelques spécimens. Deux types de ce genre, construits actuellement en France, figuraient en 1900. Ce sont ceux de la maison Pinette et ceux de la maison Galland.

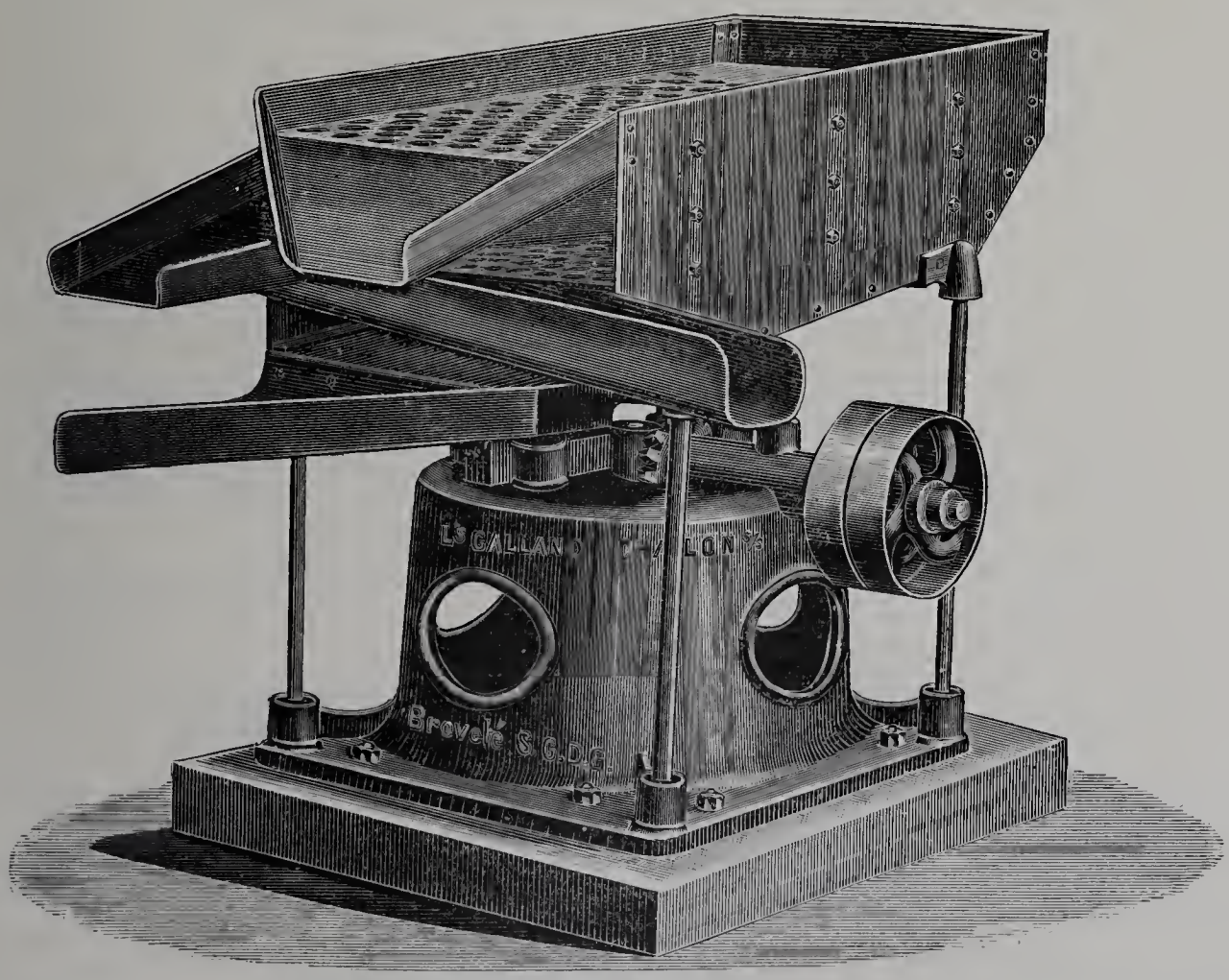


Fig. 262. — Crible Coxe à béquilles (Maison Galland).

Le crible Coxe, comme on le sait, est un crible rotatif; la différence entre les deux types consiste seulement dans le mode de suspension de la tôle criblante.

Dans le type Galland (fig. 262), le crible est monté sur un socle en fonte, la caisse est supportée par 4 béquilles en acier, dont les pointes entrent dans des crapaudines coniques. Elle reçoit un mouvement de rotation de deux arbres excentrés tournant dans des crapaudines fixées sous la caisse.

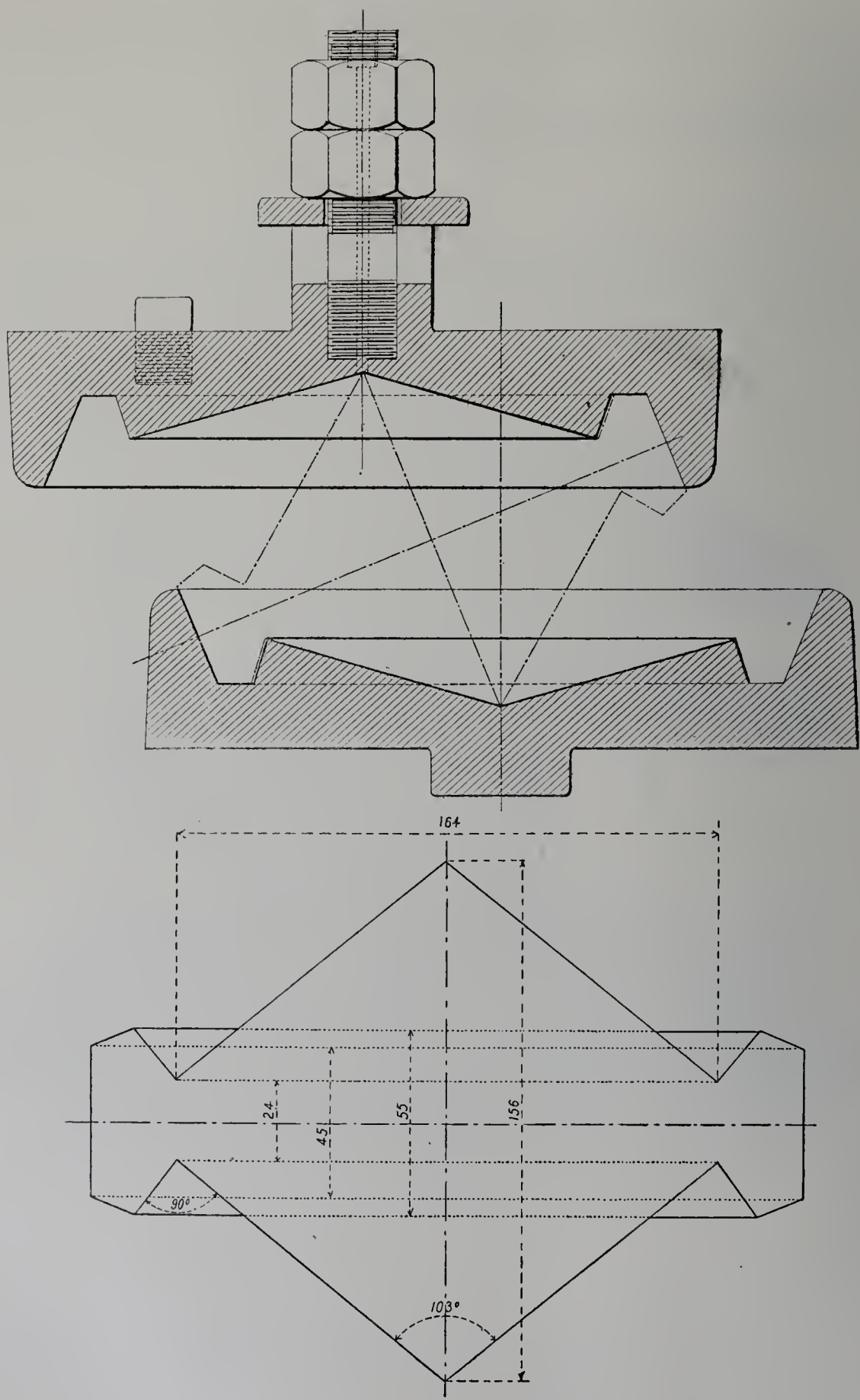


Fig. 263. — Crible Coxe. — Galet biconique et son chemin de roulement (Maison Pinette).

Dans le type Pinette (fig. 263), la caisse métallique portant les tôles perforées est supportée par 4 galets biconiques roulant par leurs génératrices sur des pistes de formes appropriées.

Le crible Coxe peut être muni de plusieurs tôles perforées différentes; il peut cribler jusqu'à 60 tonnes par heure.

Cribles à charbon (Hardy Patent Pick C°).

Ce crible vibro-moteur (fig. 264 à 266) repose sur un principe très intéressant. Il a l'avantage de ne donner aucune vibration dans les bâtis qui le supportent.

Le crible est suspendu par 4 cordes S, avec l'inclinaison nécessaire; au milieu du

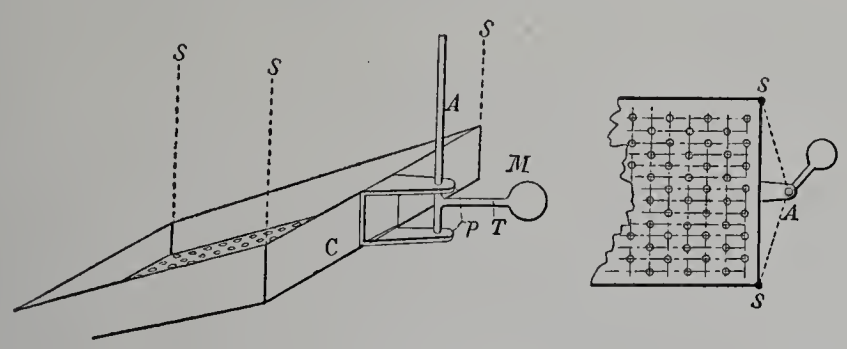


Fig. 264. — Schéma du dispositif vibro-moteur du crible Hardy.

côté supérieur se trouvent deux paliers *p* entre lesquels peut se mouvoir autour d'un axe vertical une masse M située au bout d'une tige T. L'axe vertical A se prolonge au-dessus du système et est actionné par une transmission.

Lorsqu'on fait tourner la masse M, tout le système se met en mouvement et chaque

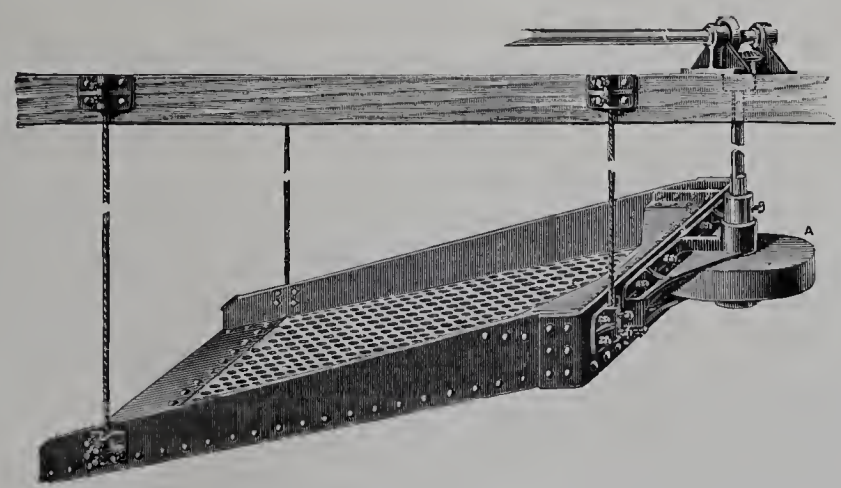


Fig. 265. — Crible vibro-moteur Hardy (Hardy Patent Pick C°).

point du crible décrit un cercle. — Il se produit en tous cas un mouvement de rotation de plus en plus rapide, suivant la vitesse de rotation de M, et sans aucune vibration. La force motrice exigée par cette installation est très faible et semble inférieure à celle qui est nécessitée par les installations d'autres systèmes.

Il existe de nombreuses applications de cet appareil à Londres, Liverpool et en Europe. En outre de ses applications au charbon, il est utilisé particulièrement dans les sucreries.

Une force de 2 ou 3 HP correspond avec cet appareil à 400 tonnes de charbon criblé en dix heures.

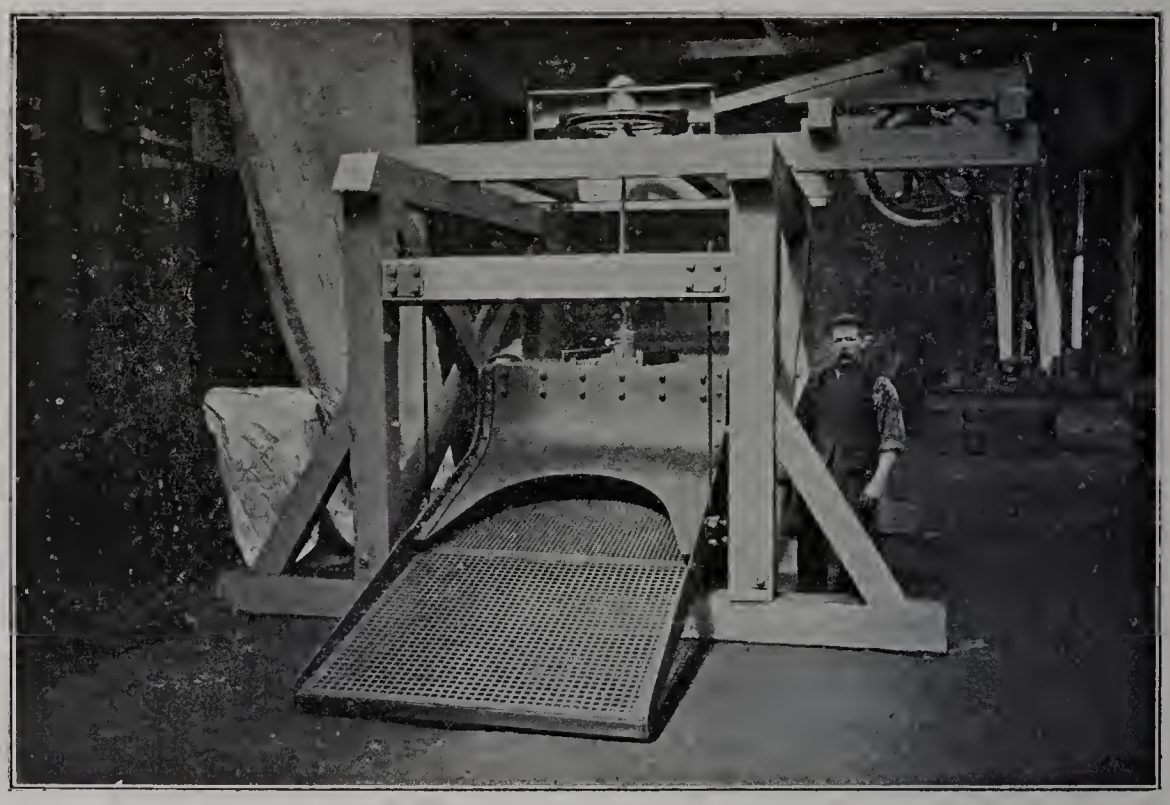


Fig. 266. — Installation complète d'un crible Hardy Patent Pick C°.

Crible hydraulique Ferraris, de Monteponi.

Le crible hydraulique Ferraris se distingue des autres appareils de ce genre par l'excentrique et par le tuyau de sortie des produits.

L'excentrique est composé de deux mouvements excentriques variables l'un par rapport à l'autre, et qui permettent de faire varier à volonté l'excentricité totale. On emploie en général 3 numéros d'excentrement donnant, le premier de 0 à 40 millimètres de course, un autre de 20 à 80 millimètres, enfin le dernier, destiné à traiter les grains atteignant 40 millimètres, donne 40 à 100 millimètres de course.

La sortie des produits se fait en même temps au travers du tamis du crible et au-dessus, par un tuyau débouchant à travers la paroi extérieure de l'appareil laveur. — Sur le tamis du crible on étend une couche de disques en fer (déchets des poinçonneuses); le minerai le plus fin passe au travers du tamis tandis que le plus gros forme une couche dans le compartiment qu'on extrait au fur et à mesure de sa formation par un tuyau droit presque horizontal qui entre dans le compartiment normalement à la direction de marche de l'eau et des matières. Ce tuyau, ouvert à l'extrémité exté-

rieure aux parois du crible, est fermé à l'extrémité intérieure. Mais dans le point qui correspond à la moitié de la largeur du tamis, un trou percé dans le fond du tuyau permet aux grains de la couche de minerai de s'écouler à l'extérieur avec très peu d'eau. Le tuyau peut travailler continuellement ou avec des repos, selon la richesse des matières.

Ces renseignements sont dus à M. le commandeur Pellati, inspecteur général des mines.

Séparateur magnétique Ferraris, de Monteponi.

Cet appareil s'applique uniquement aux minerais fortement magnétiques, tels que la limonite calcinée fortement avec charbon de réduction. Il a remplacé, en 1887, dans le traitement magnétique de Monteponi, la roue dentée magnétique qui avait le défaut d'être d'une construction trop compliquée.

Un électro-aimant à deux branches est suspendu, les pôles vers le bas, au-dessus d'une courroie, qui amène sous les pôles de l'aimant, à la distance de 30 millimètres à 50 millimètres, une mince couche de grains à trier. Une autre courroie transversale, qui entoure l'aimant, reçoit sur sa surface inférieure les grains attirés par l'aimant et les transporte latéralement en les laissant tomber hors de la zone d'influence de l'aimant. Un appareil, tel que celui exposé, peut traiter aisément une demi-tonne de matières par heure; le courant nécessaire pour l'électro-aimant est environ de 100 watts.

Classeurs à tamis inclinés à vibration, de Monteponi.

Ce type de classeurs se compose de bandes étroites de tôle perforée assemblées par deux cornières qui en couvrent les deux bords dans la longueur; la largeur du tamis varie entre 0 m. 40 et 0 m. 80; la longueur est indéfinie. Cette bande de tamis est montée horizontalement sur des ressorts composés de plusieurs lames de bois, d'une longueur variant de 0 m. 40 à 0 m. 60, placés sous les cornières, inclinés vers l'arrière (ou plus exactement vers le côté d'entrée des matières) de 70 degrés avec l'horizontale.

Un excentrique imprime au tamis un mouvement oscillatoire, à raison de 300 oscillations à la minute, d'une amplitude de 15 à 30 millimètres; la bielle de l'excentrique agit en tendant les ressorts comme l'arc d'une arbalète.

Les matières, introduites du côté où le tamis descend dans ses oscillations, se répandent sur toute la largeur et avancent rapidement vers le côté opposé, ayant ainsi le moyen de tomber dans les trous du tamis correspondant à la grosseur des grains. Les matières brutes qui arrivent sur le premier tamis sont débourbées par des jets d'eau dirigés en sens contraire du mouvement des matières, et l'eau du débourbage entraîne les parties les plus fines d'un appareil à l'autre jusqu'aux appareils de traitement des boues et aux bassins de clarification. On limite la quantité d'eau du débourbage autant que possible pour éviter de soulever trop d'eau avec les pompes de circulation.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Ces tamis à vibration sont très peu encombrants, ne prennent pas de hauteur pour opérer la classification, et peuvent servir en même temps comme moyen de distribution et de triage, car on peut à volonté intercaler ou faire suivre ces tamis de tôles non perforées, qui prolongent l'appareil autant qu'il est nécessaire. Ils s'appliquent à toutes les grandeurs de grains, à partir des plus gros cailloux jusqu'à 3 millimètres.

Pour tamiser les fins en dessous de 3 millimètres, qui bouchent facilement les trous du tamis, on renverse la construction du tamis en mettant les ressorts en dessus, de façon à suspendre le tamis aux ressorts; on renferme le tamis dans un caisson à trémie, constamment plein d'eau, jusqu'à un niveau tel que le tamis puisse frapper la surface de l'eau à chaque oscillation. Pour obtenir le niveau d'eau constant, on règle les orifices d'écoulement de l'eau de débourbage au fond des trémies, pour qu'une partie de l'eau s'écoule par un trop plein au niveau du tamis. Cet appareil permet de tamiser même à 1/2 millimètre. Cet appareil date de 1898.

L'adaptation aux grains inférieurs à 3 millimètres a été réalisée en 1899 par MM. Guido et Luigi Sanna.

Nous empruntons cette description à l'intéressante communication de M. l'inspecteur général des mines Pellati au Congrès des Mines.

Hydroclasseur Ferraris, de Monteponi.

Cet appareil réalisé depuis longtemps par M. Ferraris permet d'opérer la classification des minerais d'une façon très simple. M. Pellati, inspecteur général des mines, en a exposé le fonctionnement au Congrès des Mines, de la façon suivante :

Les schlamms, composés d'eau, d'argile délayée et de grains de minerais, sont amenés dans un tuyau de 100 à 150 millimètres, formant conduite en pression, destinée à amener les schlamms du dernier tamis aux appareils finisseurs. Cette conduite est d'abord inclinée (30°), puis se raccorde par une courbe avec l'horizontale, à 3 mètres de distance et 1 mètre au-dessous du point de départ.

Après un certain parcours, de 3 à 4 mètres environ, les grains contenus dans les schlamms ont subi une classification; les plus lourds traînent sur le fond du tuyau, tandis que les plus légers sont entraînés par l'eau à une vitesse qui, dans les couches supérieures, se rapproche de celle de l'eau boueuse.

Pour extraire, sur un point de la conduite, la couche des grains les plus denses et les plus lourds, on fait un trou dans le bas de la conduite, que l'on entoure d'un manchon avec une poche en dessous du trou et un orifice de sortie du concentré au fond de la poche. D'un côté de la poche on introduit par une soupape autant d'eau qu'il s'en écoule par l'orifice de sortie, y compris les grains tombés dans la poche; cette eau claire empêche l'eau boueuse de la conduite de percer les couches supérieures à celle qu'on doit extraire et de venir s'écouler avec les grains.

Après un petit nombre d'hydroclasseurs, il ne reste dans la conduite que de l'eau boueuse et du stérile léger, qu'on envoie directement aux bassins de clarification. Le

premier hydroclasseur livre du minerai exempt de stérile, les autres du minerai d'une grosseur de grain bien inférieure à celle des grains de stérile, ce qui en facilite beaucoup la séparation sur les appareils finisseurs.

Table oscillante, système Ferraris, de Monteponi.

Cette table est destinée à traiter les fins concentrés par les hydroclasseurs.

Elle consiste en une table en bois en forme de trapèze de 2 m. 50 à 3 mètres de longueur, montée sur des ressorts inclinés (comme les tamis oscillants Ferraris). Cette table reçoit son mouvement dans le sens de sa longueur par un excentrique et une bielle en bois placée au-dessous. La table est légèrement inclinée dans la direction transversale et reçoit les schlamms concentrés dans l'angle le plus élevé du côté de l'excentrique et de la plus grande largeur de la table, qui est d'environ 1 m. 25. Le long du bord supérieur de la table, un tuyau percé de trous arrose la table et la recouvre d'une mince couche d'eau qui descend en travers jusqu'au bord inférieur horizontal de la table.

Le mouvement oscillatoire de la table inclinée pousse les grains vers l'extrémité étroite de la table, tandis que le courant d'eau transversal les entraîne vers le bord inférieur. Les grains plus denses et plus petits décrivent des paraboles plus ouvertes que les autres, ce qui produit un classement selon la densité : les grains plus légers tombent les premiers du bord inférieur, les plus denses tombent seulement à la fin de la table, chaque qualité dans une zone du bord différente.

Cet appareil est appliqué surtout aux minerais mixtes qu'on doit broyer très fins et aux boues qui se déposent dans les canaux des laveries. Pour traiter ces matières déposées, on les charge à la pelle sur la table par l'entremise d'une petite trémie et on réussit à laver par ce moyen, par heure, une demi-tonne de matières, poids de la matière sèche.

Table tournante continue, à arrosage progressif pour le traitement des schlamms, système Lenicque.

Cet appareil (fig. 267), destiné au traitement des schlamms, est composé essentiellement d'une surface de travail B, légèrement conique, évidée au centre et formée par une lame de caoutchouc reposant sur un léger plancher en bois recouvert d'une tôle mince. Cette surface de travail est portée par une carcasse en petits fers cornières, composée de huit secteurs boulonnés ensemble et montés sur un moyeu de fonte C; le moyeu est claveté sur un arbre vertical D, muni d'une roue hélicoïdale G. La poulie-cône J actionne l'arbre vertical au moyen de la vis sans fin H.

Les schlamms provenant des bassins de dépôt sont livrés par un ensemble d'appareils appelé «délayeur-livreur», composé (fig. 268) d'un patouillet, d'une courroie à godets et d'un trommel débourbeur; cet ensemble produit une sorte de bouillie homogène formée par les schlamms délayés à une consistance convenable, qu'on livre à la table par le distributeur A.

Entraînés par le mouvement de la table, les schlamms passent successivement sous

des tuyaux d'arrosage où ils s'enrichissent progressivement par l'entraînement de la gangue stérile, pendant que les parties métallifères restent adhérentes au caoutchouc. Le tuyau de chasse O balaye la table en envoyant les parties riches dans une case spé-

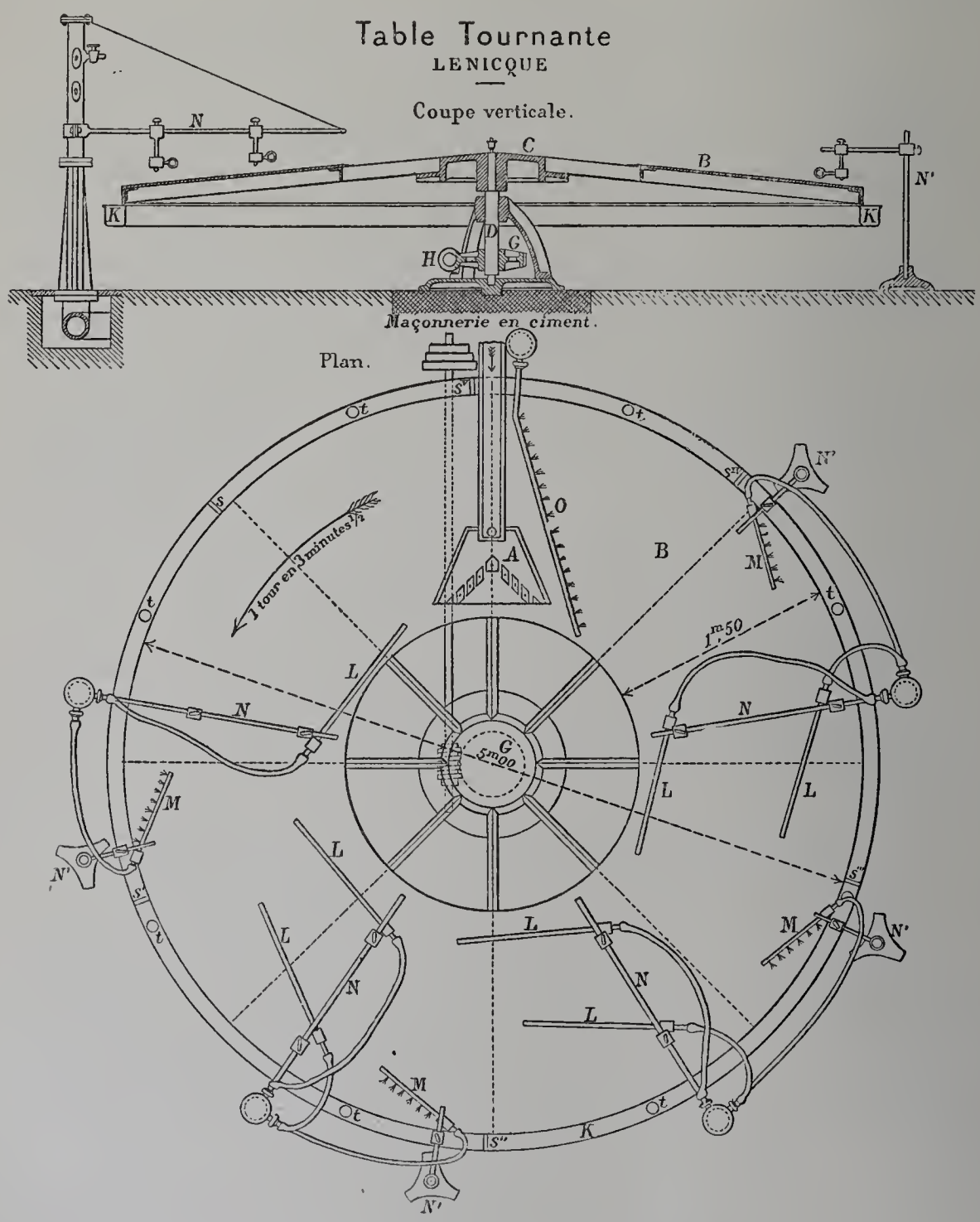


Fig. 267. — Table tournante système Lenicque.

ciale de la rigole circulaire K. La table se présente de nouveau entièrement libre sous le distributeur A, de sorte que le travail est continu.

On peut diviser la rigole circulaire K, en autant de cases que l'on veut, au moyen de

cloisons mobiles en bois, S, S^1, S^2, S^3, S^4, S^5, de façon à recueillir séparément telle ou telle portion de matières qui coulent de la table et à expulser telle ou telle autre. La rigole est munie de tubulures t, t', t'', qu'on peut boucher ou déboucher à volonté.

La surface de travail a 1 m. 50 de longueur de génératrice utile, le diamètre extérieur est de 5 mètres; la table fait une révolution en 3 minutes et demie. La force absorbée par le mouvement est moindre que 1/10 de cheval. La consommation d'eau

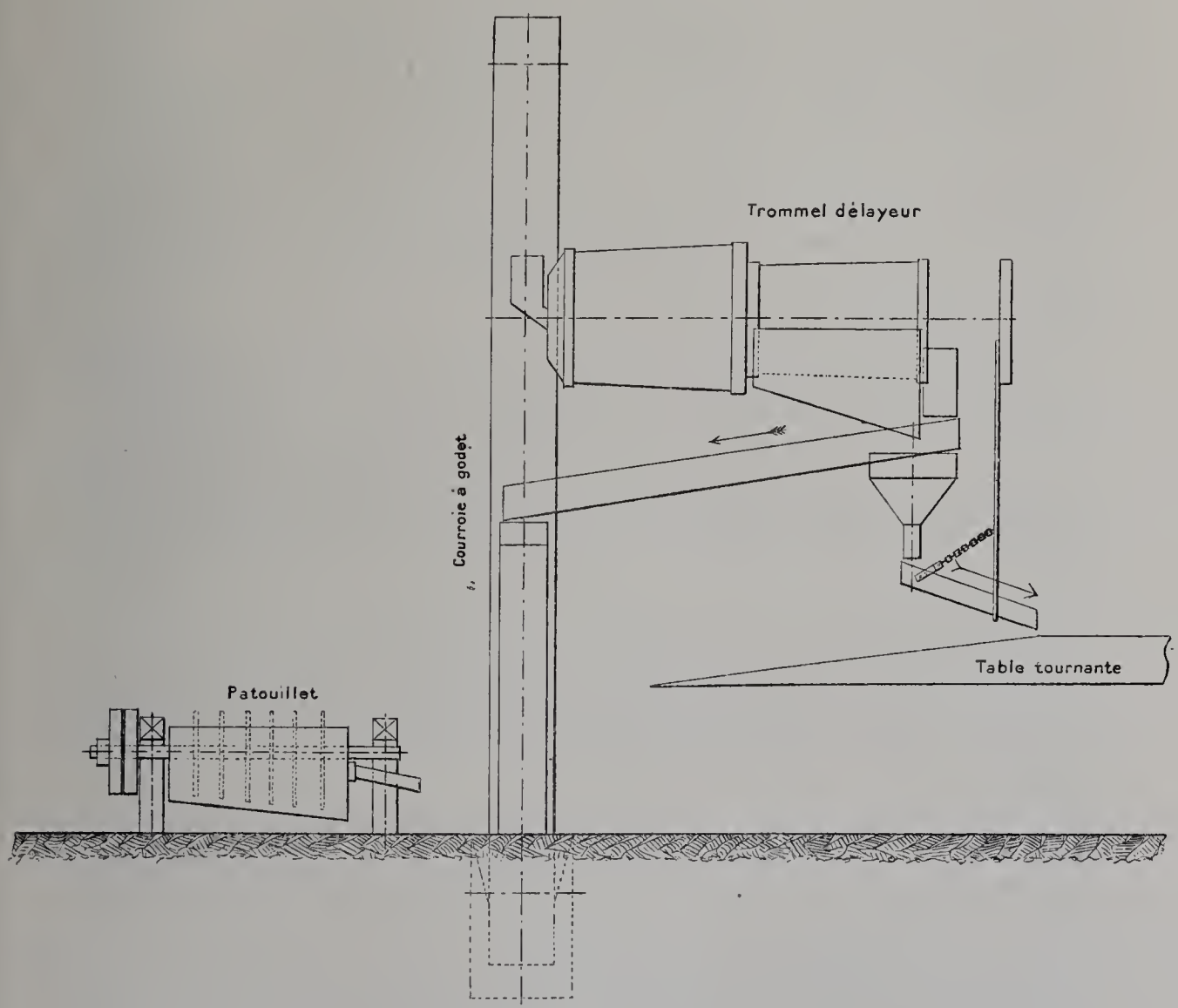


Fig. 268. — Délayeur-livreur pour table tournante système Lenicque.

est de 2 litres par seconde. Cette table peut traiter de 6 à 8 tonnes de schlamms, selon la nature du minerai, en dix heures. Ce système de table de séparation présente un certain nombre d'avantages, parmi lesquels on doit noter particulièrement l'économie d'installation et sa facilité de montage ainsi que la réduction de la main-d'œuvre.

La table Lenicque a été adoptée par les mines de Malines pour le traitement de ses schlamms. Voici quelques données relatives à cette installation dont les résultats ont été satisfaisants.

Les schlamms qui devaient être traités se composent de :

1° Les schlamms riches, provenant des diverses terres brutes criblées à la maille de 1/4 de millimètre;

2° Les schlamms de transport, fournis par les entraînements des eaux de lavages et recueillis dans les rigoles d'écoulement.

Les premiers contiennent en moyenne 27 p. 100 de zinc, 24 p. 100 de plomb et 180 grammes d'argent à la tonne de minerai, le tout mélangé à l'ocre et la dolomie. Il y avait lieu d'opérer un enrichissement et une séparation des métaux.

L'installation de Malines comprend 2 tables rondes Lenicque dont la surface de travail a 1 m. 50 de longueur de génératrice utile et 5 mètres de diamètre extérieur. L'inclinaison de la génératrice de la surface conique est de 9 degrés. Chaque table fait une révolution en 3 minutes et demie et absorbe une force d'environ 1/10 de cheval. Les schlamms, issus de trommels qui séparent tous les grains supérieurs au diamètre de 1/4 de millimètre, arrivent sur les tables au moyen d'un distributeur garni de losanges disposés en chicanes.

En passant sur la table, sous l'action des jets d'eau, ces schlamms s'enrichissent progressivement. En premier lieu, l'ocre et la dolomie, mêlés d'un peu de calamine, sont entraînés et viennent tomber dans le chenal disposé autour de la table; ensuite, il se forme un minerai calaminaire contenant du plomb et vendu après grillage comme calamine plombeuse, puis un minerai mixte qui constitue un produit à repasser, et enfin, dans la dernière partie de la table, un *minerai de plomb riche,* qui est balayé par un jet d'eau plus vigoureux.

Les diverses qualités de minerai formées sont évacuées par des tuyaux de chasse et viennent tomber dans une conduite circulaire, divisée en quatre compartiments au moyen de cloisons en bois, et d'où les matières s'écoulent par des tuyaux et des conduits dans des caisses de dépôt; on les prend ensuite à la pelle pour les envoyer à leurs destinations respectives.

Cet appareil de deux tables passe 3 t. 500 kilogr. de schlamms bruts en dix heures et donne environ 2 t. 200 kilogr. de produits immédiatement marchands. Le personnel nécessaire au fonctionnement étant d'un homme aidé d'un enfant, la main-d'œuvre est de 2 fr. 50 en moyenne par tonne de produit fini.

Le passage aux tables des schlamms des terres rouges, qui constituent la qualité dominante des terres de Malines, donne les résultats suivants :

	Zn p. 100.	Pb p. 100.	Ag à la tonne.
Schlamms bruts passés en 10 heures.....	27.00	24.00	180 grammes.
Produits obtenus :			
35 p. 100, terre plombeuse à expédier.....	16.00	48.50	188
37 p. 100, calamine plombeuse à expédier après grillage.....	26.40	16.75	134
16 p. 100, mixtes à repasser.....	23.50	35.50	175
12 p. 100, produits ocreux et dolomitiques à enrichir.....	24.00	8.80	100

Criblage et lavage des mines de Béthune.

Les installations de criblage et de lavage de Béthune sont récentes. Elles présentent des dispositions qui méritent d'être signalées.

Le criblage se fait suivant deux types :

Le premier est celui de la fosse n° 7. — (Charbons gras et à coke.) Ce criblage est double et permet de traiter simultanément les deux sortes de charbons.

Au moyen de grilles à rouleaux qui reçoivent le charbon culbuté et de cribles Coxe, on peut faire les classements suivants : 0 à 15 millimètres, 15 à 50 millimètres, 50 à 70 millimètres, 70 millimètres et au-dessus.

Par des toiles de transport et de nettoyage, on peut charger séparément chaque catégorie, ou faire telle reconstitution que l'on désire.

Les grilles à rouleaux et les cribles Coxe, en marche depuis trois ans, ont donné toute satisfaction. On a fait, à titre d'essai, à ce criblage une application générale des coussinets en bois huilé.

Jusqu'ici l'entretien a été nul; les coussinets, pas plus que les axes et tourillons, ne présentent d'usure appréciable.

Le second type est celui de la fosse n° 9. — Les charbons demi-gras de cette fosse étant très friables, on s'est appliqué, dans la construction de ce criblage, à éviter, autant que possible, toutes les causes de bris (fig. 269).

On y est parvenu en adoptant une disposition de tables à secousses étagées, qui classent le charbon méthodiquement, en commençant par les grosses catégories.

Les produits rejetés par chaque tôle perforée arrivent, sans chute, sur la toile correspondante, tandis que ceux passant à travers sont amenés par un couloir faisant partie de la table à secousses et qui se meut au-dessous de la toile de nettoyage, en tête de la tôle perforée suivante.

Cette disposition a conduit à étager les toiles de nettoyage A, B, C, E. Celles-ci aboutissent à des couloirs télescopiques S à mouvement hydraulique, pour la mise en wagon des charbons classés.

Avant d'atteindre les couloirs, ces charbons passent sur de petites grilles à secousses K_2 qui séparent les menus provenant des bris pendant le nettoyage. Ces menus sont ramenés par deux toiles de transport G, H sur la toile des fines I.

En avant de ces grilles se trouve une toile de recomposition R sur laquelle les différents produits classés sont amenés au moyen de raclettes et versés sur la quatrième toile E.

La dernière table à secousse T_3 porte deux tôles perforées et les produits sont envoyés, au moyen de volets, soit sur la quatrième toile E, soit sur les toiles aux fines I, J. On peut aussi, en remplaçant la deuxième tôle perforée par une tôle pleine, envoyer le 0 à 50 millimètres, sur la quatrième toile, ou en envoyer une partie seulement, le reste étant chargé séparément.

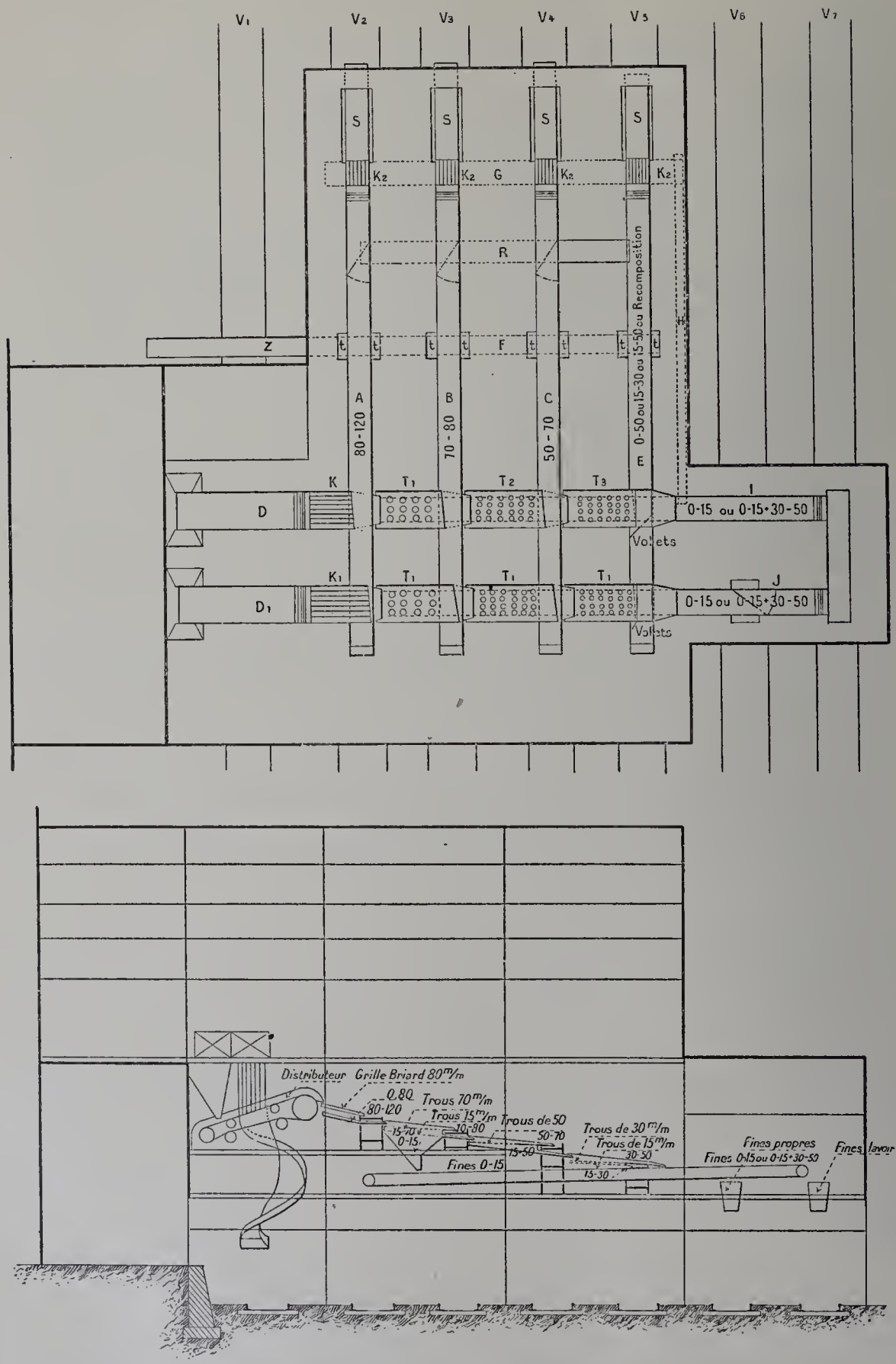


Fig. 269. — Schéma du criblage de la fosse n° 9 des Mines de Béthune. — Plan et élévation.

Dans le but de faciliter le criblage, une tôle à 15 millimètres placée sur la première table à secousse, aussitôt après les grilles Briard K, permet de débarrasser la masse des charbons de la plus grande partie des fines 0 à 15 millimètres, qui sont entraînées par des câbles de transport I, J, sur lesquels se déversent aussi les produits qui passent à travers les dernières tables à secousses.

Quand on fait du « tout venant », ces tôles perforées sont remplacées rapidement par des tôles pleines.

Les pierres provenant du nettoyage sont jetées dans une série de trémies T et transportées en dehors du criblage par un transporteur Kreiss Z.

Cette installation, en marche depuis bientôt un an, a donné toute satisfaction.

La force motrice est donnée à ces criblages par des machines verticales à deux cylindres, d'une force de 70 chevaux.

Lavage. — Le lavoir de Béthune a été installé en 1896. Il est capable de 100 tonnes à l'heure au minimum. Il a été mis en marche en juillet 1897.

Ce lavoir est divisé en deux parties, permettant de traiter simultanément deux sortes de charbons.

Les produits à laver sont amenés aux usines dans les wagons de la compagnie contenant 15 tonnes, puis classés sur les voies.

Ces wagons sont basculés sur des culbuteurs du type du rivage et les charbons, qui s'écoulent dans des trémies, sont remontés jusqu'à la partie supérieure du bâtiment par deux chaînes à godets qui les déversent sur des tables à secousses. Ces dernières classent les charbons bruts :

1° En 50 à 70 millimètres, transportés directement dans les tours de chargement, après avoir été épierrés sur un câble transporteur;

2° En 30 à 50 millimètres, 15 à 30, 8 à 15, qui sont conduits par courants d'eau aux appareils à grains;

3° En 3 à 8 millimètres et 0 à 3 millimètres qui sont également entraînés par courants d'eau aux bacs à feldspath pour y être lavés ou bien transportés, en totalité ou en partie, directement dans des tours de chargement.

Les appareils à grains sont au nombre de trois pour chaque partie du lavoir. Le classement des produits bruts a lieu par densité dans des bacs à pistons. Les charbons purs s'écoulent par le courant d'eau supérieur, tandis que les schistes et les mixtes des trois appareils sont entraînés par une hélice et une chaîne à godets dans un bac de relavage identique aux précédents.

Les mixtes, provenant du classement par cet appareil, sont déversés dans une citerne de concentration ou chargés directement dans une tour.

Les schistes 8 à 50 millimètres, formant le lit inférieur de la table de lavage, sont conduits par courant d'eau dans la citerne recevant tous les déchets.

Les appareils à fines sont au nombre de six pour chaque partie du lavoir.

Ces appareils sont composés par des caisses doubles dans la partie arrière desquelles se meut un piston qui donne à l'eau son mouvement ascensionnel. La partie d'avant

porte la claie de lavage. Des feldspath calibrés, déposés sur cette claie, jouent le rôle de clapets et entraînent constamment les schistes au fond des caisses, tandis que le charbon pur s'écoule avec le courant d'eau supérieur.

La première et la deuxième caisse de chaque appareil reçoivent les schistes. La troisième caisse reçoit des mixtes. Le charbon pur se déverse dans un bac commun à tous les appareils. Les mixtes de la troisième caisse sont relavés dans des appareils identiques aux précédents et les schistes conduits par courant d'eau dans la citerne recevant tous les déchets.

Les charbons 0 - 8 de chaque partie du lavoir sont entraînés dans des bassins de concentration.

Un dispositif spécial à l'installation permet d'obtenir des menus de diverses teneurs, entre 15 et 28 p. 100 de matières volatiles, ou des charbons de même teneur contenant diverses proportions de grains de différentes dimensions formant des fines de 0 à 15 millimètres, de 0 à 30 millimètres, de 0 à 50 millimètres à 16, 20, 24, 28 p. 100 de matières volatiles.

La disposition des couloirs à grains permet aussi de reconstituer des grains lavés de 8 à 30 millimètres, de 8 à 50 millimètres, de 15 à 30 millimètres, de 15 à 50 millimètres, de 25 à 30 millimètres, de 25 à 50 millimètres, à 16, 20, 24 et 28 p. 100 de matières volatiles.

Le chargement des produits lavés se fait par des trappes situées au-dessous des tours de chargement, dans des wagons de la Compagnie du Nord ou de la Compagnie de Béthune qui sont ensuite classés sur les voies 1, 2, 3, les voies 4 et 5 étant réservées pour les wagons vides.

Le transport des déchets a lieu par wagonnets Decauville ou par wagons.

Lavoir à charbon Elliott (Hardy Patent Pick C°).

Ce lavoir se compose de palettes frottant contre le fond et les parois d'un canal incliné et entraînées par une chaîne sans fin (fig. 270).

Dans le canal passe en même temps que le charbon un fort courant d'eau. L'eau entraîne le charbon qui descend et tombe au bas du canal. Les impuretés schisteuses plus lourdes sont retenues par les palettes et rejetées à la partie supérieure.

Une installation importante existe aux Bridge Water Trustees, à Walkden. Elle se compose de 2 laveurs Elliott, 2 élévateurs à vis à tambour perforé qui élèvent le charbon et le versent dans deux cribles vibro-moteurs.

On obtient finalement un charbon contenant seulement 7 à 8 p. 100 d'eau et, comme teneur en cendres dues aux impuretés qui subsistent, 0.5 à 0.75 p. 100 seulement au-dessus de la teneur en cendre naturelle.

Il est inutile de dire que l'inclinaison du canal, la dimension des raclettes et la vitesse du courant d'eau et de la chaîne sont fonction des densités du schiste et du charbon.

Chaque canal a environ 18 mètres de long et une section trapézoïdale de 0 m. 45 de petite base et 0 m. 90 de grande base. — Un canal ainsi constitué peut traiter 100 tonnes de charbon par jour. On peut laver des charbons de 50 millimètres dans le même canal que des charbons de 20 millimètres et au-dessous.

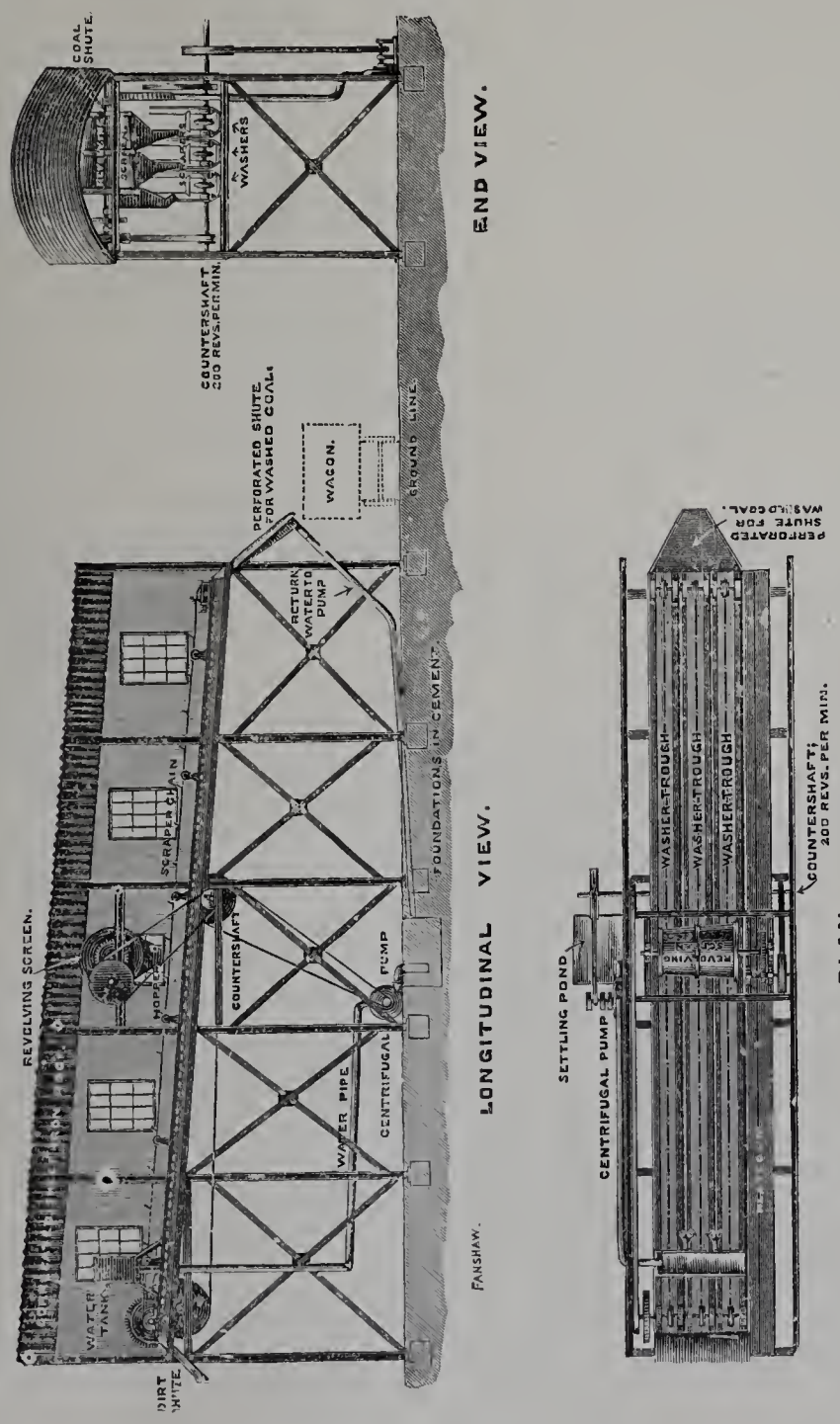


Fig. 270. — Installation complète d'un lavoir à charbon Elliott.

En général, il est préférable de séparer les charbons de dimensions inférieures à 20 millimètres et ceux de dimensions supérieures à 20 millimètres et les laver dans deux canaux séparés. Le rendement en quantité lavée à l'heure est meilleur.

Il existe en montage à Briansk une grande installation de ce genre.

Lavoir à charbons, système Evence Coppée

(Lavoir central de Gayant) de la Compagnie des Mines d'Aniche (Nord).

Le lavoir à charbons en installation à Aniche par M. Coppée présente des dispositions nouvelles intéressantes qui permettent de réduire les pertes au minimum, en particulier celles de schlamms, et d'assurer la marche du lavoir même dans le cas où des avaries sont survenues à un élévateur.

L'installation prévue, permet de traiter en dix heures 2,000 tonnes de charbon passé à un crible de 40 millimètres. Ces 2,000 tonnes se répartissent de la façon suivante :

0 à 8 millimètres,	35 p. 100	= 700	tonnes à laver à volonté;
3 9 millimètres,	35 p. 100	= 700	tonnes à laver;
9 25 millimètres,	22 p. 100	= 440	tonnes à laver;
25 40 millimètres,	8 p. 100	= 160	tonnes à laver.
Total.....		2,000	

Les 1,400 tonnes de 0 à 9 millimètres sont traitées dans 30 lavoirs à feldspath à 3 compartiments dont 4 pour le relavage des schistes.

Le lavage est prévu pour 440 tonnes de grains de 9 à 25 millimètres et 160 tonnes de grains de 25 à 40 millimètres.

Pour ces grains, on emploie 10 lavoirs de 1 m. 20 de largeur intérieure : deux d'entre eux servent au relavage des schistes provenant des huit autres. On a prévu d'ailleurs l'emplacement de 2 lavoirs à grains supplémentaires pour l'avenir.

Les figures 271 et 272 montrent l'installation générale dont la marche est la suivante :

Marche générale. — Les charbons bruts arrivent de la mine par wagons de 12 tonnes et sont versés au moyen de 2 culbuteurs hydrauliques en A dans 2 fosses. Les chaînes à charbons bruts B les relèvent au criblage C. Chaque criblage se compose de 2 cribles doubles à oscillation latérale superposés. Les premiers sont à tôle perforée de 25-15 et 9 millimètres; ils donnent les classes suivantes :

25 à 40 millimètres qui sont lavés dans les lavoirs à grains G;

15 à 25 millimètres qui sont lavés dans les lavoirs à grains G;

9 à 15 millimètres qui sont lavés dans les lavoirs à grains G.

0 à 9 millimètres qui sont envoyés sur les seconds cribles inférieurs.

Ces seconds cribles sont à tôle perforée de 3 à 6 millimètres. Ils donnent les classes suivantes :

6 à 9 millimètres qui sont lavés dans 14 lavoirs à feldspath E;

3 à 6 millimètres qui sont lavés dans 14 lavoirs à feldspath E;

0 à 3 millimètres qui sont versés dans les tours à poussiers Q sur lesquelles les cribles sont établis, soit lavés dans les 12 lavoirs à feldspath E.

Les schistes des 26 lavoirs à feldspath E sont conduits dans une citerne d'où une

chaîne E′ les relève dans 4 lavoirs à feldspath F pour être relavés. Les schistes obtenus finalement après ce relavage vont à la citerne de la chaîne à godets I qui les relève dans

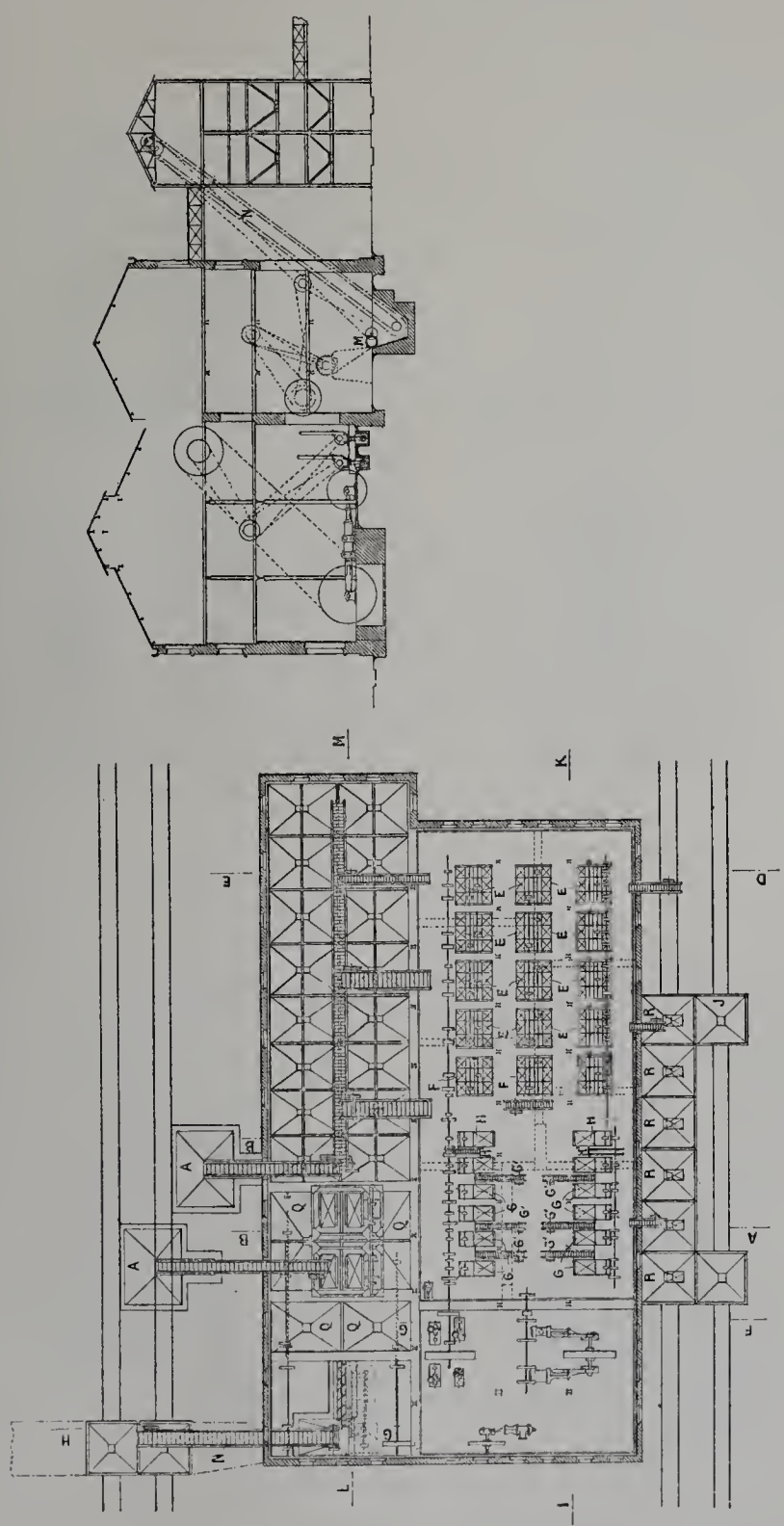


Fig. 271. — Installation de classification, lavage et mélange de charbons des Mines d'Aniche (Système E. Coppée).

la tour à schistes J. Les schistes provenant du lavage des grains sont relevés par les chaînes à godets G′ et versés dans les lavoirs à grains H qui peuvent relaver ces schistes séparément pour chaque grosseur.

Une chaîne à godets H' relève les schistes obtenus pour les déverser dans la citerne de la chaîne à godets I qui, à son tour, les relève dans la tour à schistes J.

Les grains lavés de 9 à 40 millimètres sont emmagasinés dans les tours de charge-

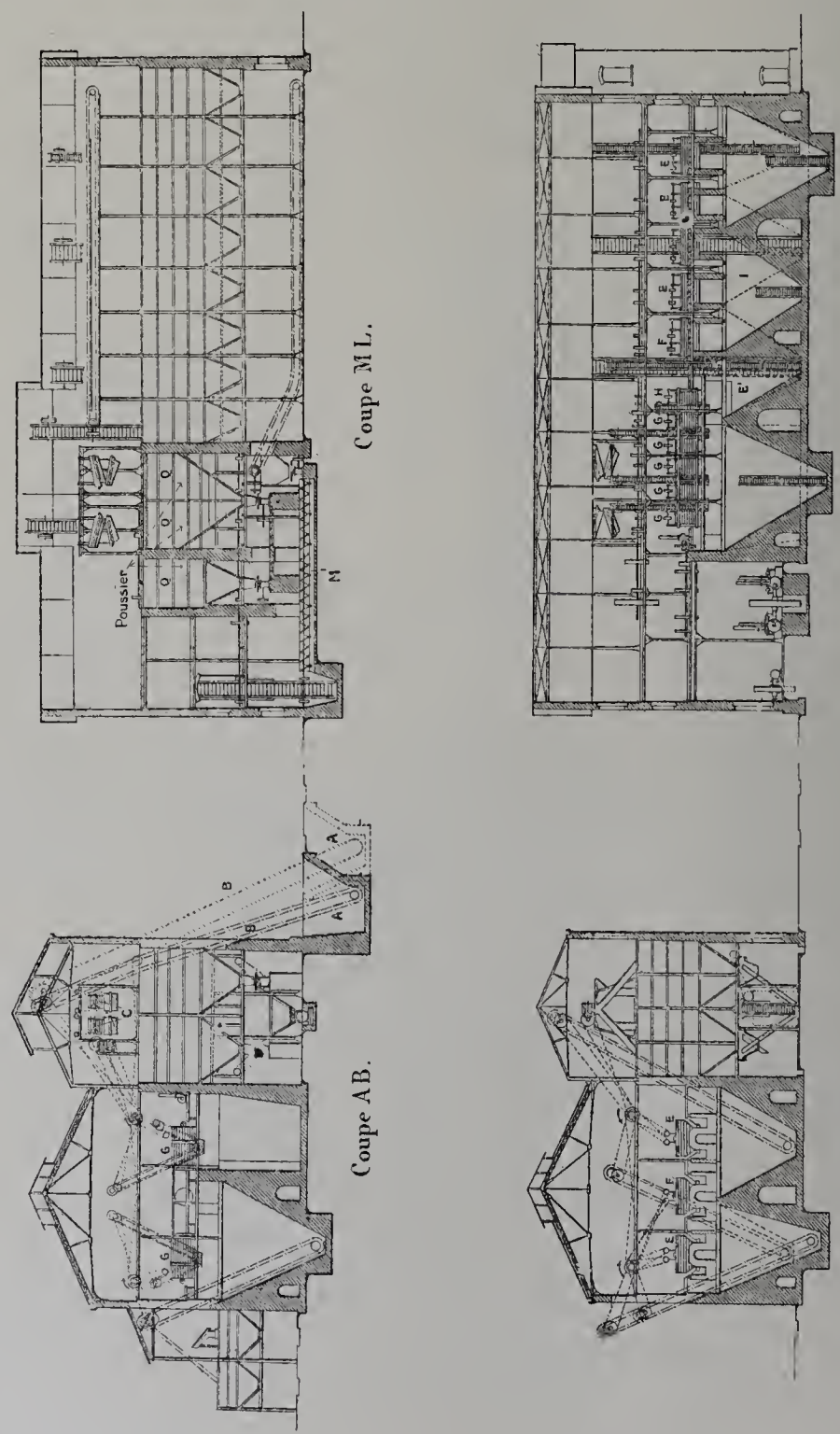


Fig. 272. — Installation de classification, lavage et mélange de charbons des Mines d'Aniche (Système E. Coppée). — Coupes.

ment R en béton armé, système Hennebique, d'une contenance de 60 tonnes chaque, après avoir été égouttés préalablement sur des tamis fixes.

Les eaux d'égouttage font retour dans le circuit des eaux entraînant les fins lavés pour déposer les fins qu'elles entraînent dans les citernes du sous-sol du lavoir, ou, si

leur degré de pureté ne le permet pas, vont directement au bassin de décantation des schlamms.

Les charbons lavés de 3 à 9 millimètres et éventuellement les petits grains de 9 à 15 millimètres sont conduits dans les bassins des chaînes à fins lavés, qui les relèvent en les égouttant sur le transporteur placé au-dessus des tours, pour être emmagasinés dans celles-ci (32 tours en béton armé d'une contenance totale de 3,000 tonnes).

Le poussier de 0 à 3 millimètres, quand il n'est pas lavé, est, comme il a été dit plus haut, emmagasiné dans la tour Q. Sous la tour Q sont placés deux doseurs qui permettent de verser dans l'hélice M du poussier de 0 à 3 millimètres en quantité variable suivant la teneur en cendres désirée pour le menu à coke.

Lorsqu'on veut augmenter la proportion de menu à coke les grains de 9 à 15 et de 15 à 25 millimètres, si cela est nécessaire, sont conduits aux fosses des chaînes à godets des fins lavés pour être mélangés à ces derniers. L'hélice M sert au mélange de différentes sortes de charbons qui viennent :

1° Par le transporteur L, du fin lavé de 3 à 9 millimètres;

2° Par les doseurs sous la tour Q, du poussier non lavé de 0 à 3 millimètres;

3° Par les doseurs placés sous la tour à poussier demi-gras.

De plus cette hélice sert à transporter le mélange au pied de la noria N pour être relevé dans les tours de chargement des fines à coke. (4 tours en béton armé d'une capacité de 360 tonnes.)

Les machines et pompes sont réparties ainsi :

A. Une machine à vapeur Corliss de 600 P à condensation met en mouvement le criblage, le lavage, les transports du lavoir et les pompes.

B. Une seconde machine Williams de 120 P met en mouvement les appareils de mélange qui fonctionnent lorsque le lavoir est arrêté; les appareils sont :

1° La chaîne à raclettes sous les tours;

2° Les doseurs;

3° L'hélice de mélange;

4° La chaîne à godets allant à la tour de charbon à coke.

Cette seconde machine peut éventuellement faire mouvoir un broyeur Carr.

C. Trois pompes centrifuges desservent l'installation du lavoir.

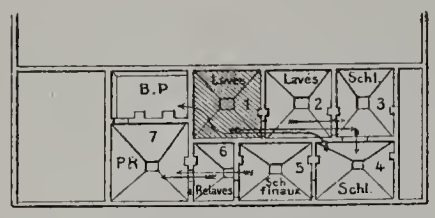
D. Une pompe centrifuge n° 2 fournit l'eau nouvelle.

E. Enfin une seconde pompe centrifuge n° 2 élève les eaux servant au transport des charbons depuis leur sortie des cribles jusqu'aux lavoirs.

Les eaux chargées de schlamms provenant des bassins des charbons lavés sont clarifiées dans deux bassins de dépôt munis chacun d'une chaîne à godets relevant les schlamms.

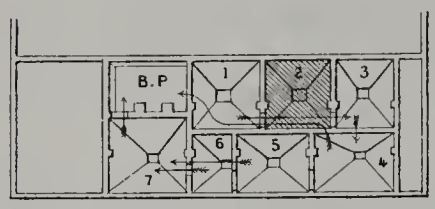
L'une de ces chaînes relève les schlamms sur le transporteur au-dessus des tours à fins lavés, pour être mélangés aux fines à coke; l'autre, dans des wagons placés sur une troisième voie parallèle aux deux voies de chargement des produits lavés et des schistes.

Une machine à vapeur annexe alimente les accumulateurs d'eau servant au fonctionnement des culbuteurs hydrauliques.

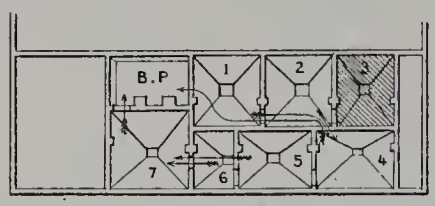


LÉGENDE.

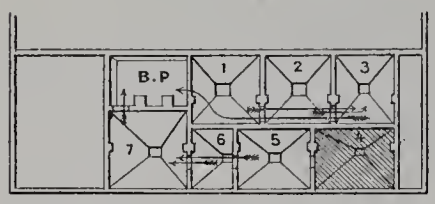
A. Marche normale (et 1 bloqué). — 1 à 3 – 3 à 4 – 4 à bassin pompes; 5 à 7 – 6 à 7 – 7 à Bassin pompes. (B. P. Bassin des pompes centrifuges).



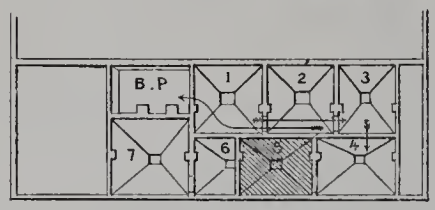
B. 2 bloqué. — Les eaux de 1 vont directement dans 3 – 3 à 4 – 4 à bassin pompes 5 à 7 – 6 à 7 – 7 à bassin pompes.



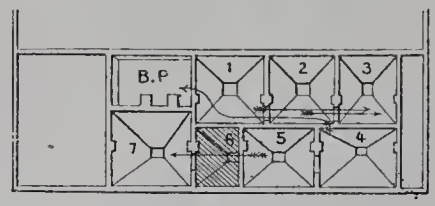
C. 3 bloqué. — Les eaux de 1 et 2 sont conduites dans 4 dont la chaîne continue à marcher pour envoyer les schlamms sur la chaîne de 7 à l'aide d'un canal spécial. Les eaux de 4 revenant dans bassin pompes 5 à 7 – 6 à 7 – 7 à bassin pompes.



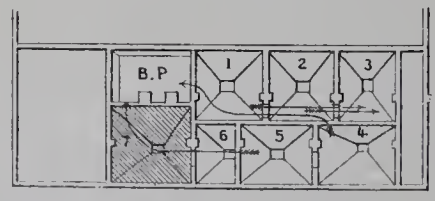
D. 4 bloqué. — Retour de 3 dans le bassin des pompes 1 à 3 – 2 à 3 – 3 à bassin pompes. 5 à 7 – 6 à 7 – 7 à bassin pompes.



E. 5 bloqué. — Dans le cas d'arrêt de 5 ou de 6, il faut changer la marche des lavoirs et faire seulement deux catégories : charbon et schistes; on envoie les schistes dans 7 directement et on peut ainsi continuer à laver.



F. 6 bloqué. — 1 à 3 – 2 à 3 – 3 à 4 – 4 à bassin pompes. Les eaux de 5 vont directement dans 7 – 7 à bassin pompes. On ne fait pas de mixtes; les barres vont dans les schistes.
Mêmes cas que 5, c'est-à-dire qu'on ne fait que deux catégories aux lavoirs à fins, mais on continue cependant à relever les schistes des grains.



G. 7 bloqué. — 1 à 3 – 2 à 3 – 3 à 4 – 4 à bassin pompes 5 et 6 dans bassin pompes sans passer par 7.
Les barres des lavoirs à grains vont provisoirement dans une tour à grains. Aux lavoirs à fins, on ne fait que deux catégories. Dans ce cas, on pourrait aussi relaver les schistes des lavoirs à fins et envoyer le produit relavé (mixtes) aux fosses 1 et 2.

Fig. 273. — Lavoir des Mines d'Auiche, système E. Coppée.
Circuit des eaux de lavage pour les différentes marches possibles.

Enfin une dynamo de 46 kilowats donne l'éclairage de toute l'installation par lampes à arc et à incandescence.

Les bâtiments couvrent une surface totale de 2,225 mètres carrés; en avant la salle

des machines et celle des lavoirs avec les citernes au-dessous; en arrière les tours d'égouttage et la salle des mélanges.

Cette installation bien comprise permet toutes les classifications avec le moins de déchet possible, par la récupération complète des schlamms produits par le lavage.

Un schéma annexé (fig. 273) montre les différentes marches résultant d'un accident à une noria quelconque.

IMPRIMERIE NATIONALE.

CHAPITRE XIII

MANUTENTION DES CHARBONS ET MINERAIS.

TRANSPORTEURS. — CULBUTEURS.

Nous aurons peu de types nouveaux à signaler dans ce chapitre. Ceci ne veut pas dire que les efforts des exploitants ne se soient pas portés de ce côté : au contraire, là encore on sent, dans toutes les exploitations minières, la préoccupation de développer les moyens mécaniques, pour économiser la main-d'œuvre et ménager les matières transportées, d'une part, en évitant les arrêts et les reprises à main d'homme des minerais et surtout des charbons; de l'autre, en rendant la manutention aussi courte et aussi douce que possible pour diminuer le bris des matières et la production de poussier ou de menus.

C'est de cette préoccupation que sont sortis les divers systèmes de culbuteurs pour berlines ou wagons, de courroies ou canaux transporteurs, de norias, de trémies, de rivages à embarquement automatique, etc.

Tous les services du jour sont tributaires de ces appareils qui se multiplient sans cesse dans les houillères et dont l'emploi tend à rendre la marche des charbons ininterrompue depuis la recette supérieure jusqu'aux trémies ou tours-réservoirs de chargement.

Un petit nombre seulement de ces systèmes étaient exposés séparément. Nous citerons les transporteurs Kreiss et Robins, la toile de transport de Lens, le culbuteur Rigg et le rivage de Béthune.

Un appareil intéressant est aussi à signaler dans cet ordre d'idée, c'est le système de mise à terril mécanique établi dans quelques mines belges et qui est destiné à améliorer le service des déblais de mines, service de plus en plus difficile à assurer aujourd'hui dans les mines un peu anciennes, ou qui disposent de peu de terrain libre à la surface.

Culbuteur «Rigg».

Le culbuteur Rigg est un culbuteur oscillatoire à force motrice, dont le mécanisme simple permet d'obtenir le renversement rapide de la berline pendant la première partie de sa course et tant que le charbon ne peut se déverser. Aussitôt que la chute du charbon s'opère sur le crible, le mouvement se ralentit automatiquement jusqu'à la fin de la course, de telle sorte que la chute se produit lentement, évitant une trop grande casse du combustible.

Les dessins de la figure 274 montrent le mécanisme de cet appareil. L'arbre G se

ment avec une vitesse constante. La manivelle H^1 fixée sur cet arbre s'articule en g sur le bras H, lequel par le levier E^2 et le secteur denté E^1 actionne le pignon B^3 et la roue B^2. Cette dernière engrène avec une crémaillère A^2 portée par le culbuteur.

La manivelle H^1 tournant dans le sens de la flèche, le mouvement de rotation de B^2 et par suite du culbuteur se produit rapidement de g en g^1 et g^2, puis lentement de g^2 en g^3, c'est-à-dire rapidement dans la première période du renversement du culbuteur,

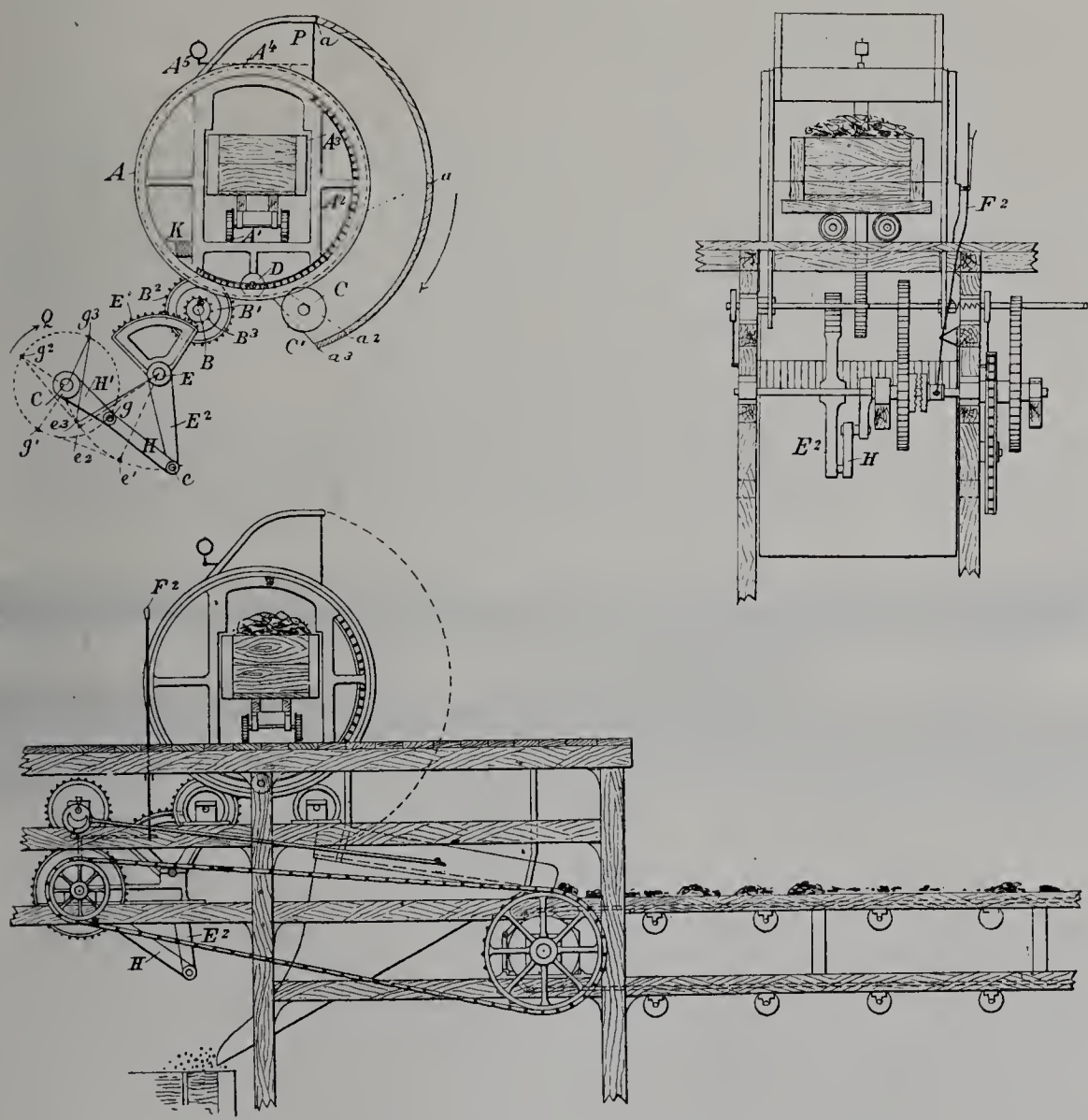


Fig. 274. — Détails du culbuteur Rigg.

et en diminuant plus lentement dans la seconde période (qui est celle qui correspond au déversement du charbon). Le combustible se répand d'abord sur le bec P porté par le culbuteur, glisse sur lui et, de là, sans chute passe sur le crible et le transporteur qui lui succède. Le relèvement s'opère très rapidement pendant la seule période g^3g.

Ce système semble avoir donné une économie sensible dans la manutention du combustible en augmentant la proportion de gros et en diminuant la casse. Un essai fait en

1899, à la Compagnie The United Collieries, aurait donné les résultats comparatifs suivants :

Sur 100 tonnes de houille friable traitées, le basculeur ordinaire à révolution totale donna :

Gaillettes	55t 37	100
Menu	44 63	

Avec le basculeur Rigg on obtint :

Gaillettes	61t 04	100 tonnes.
Menu	38 96	

Soit donc un gain de 5.67 p. 100 de gaillettes, sur la quantité totale de combustible traité.

Transporteur Kreiss.

Le transporteur Kreiss, dont un type était exposé par la maison Galland (Chalon-sur-Saône), est très simple. Il consiste (fig. 275) en un canal supporté élastiquement par des ressorts inclinés, auquel on imprime un mouvement d'oscillation au moyen d'un

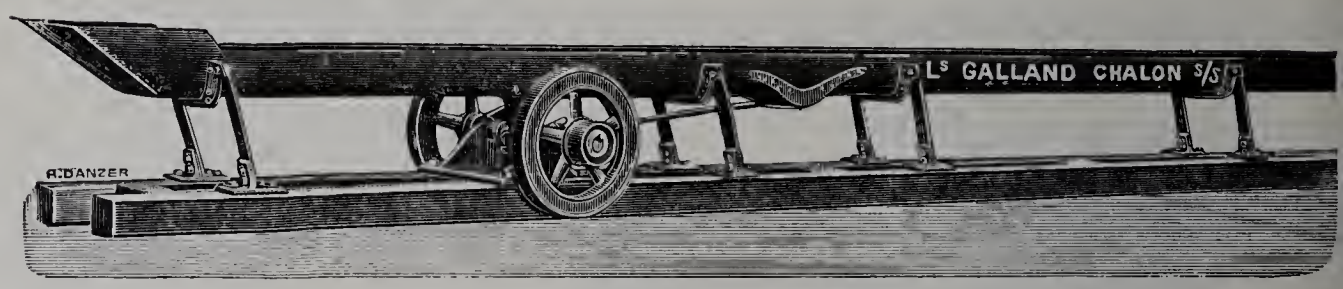


Fig. 275. — Transporteur Kreiss.

excentrique. Les matières contenues dans le canal sont transportées en glissant ou flottant légèrement dans le canal avec une grande vitesse. Le mouvement se fait sans chocs; le canal projette les matières en avant; puis, pendant que celles-ci continuent leur mouvement par inertie, il se dérobe pour ainsi dire sous elles, pour revenir en arrière et les reprendre en les projetant toujours dans le même sens que la première fois.

Les matières à transporter peuvent être quelconques; elles ne subissent aucun choc susceptible de les briser. Le canal peut être remplacé par un tuyau. L'usure est très faible même avec des matières dures.

Ce convoyeur peut être employé comme transporteur-crible.

Le débit de cet appareil de transport varie suivant les tailles de 2 à 25 tonnes à l'heure.

Courroie transporteuse «Robins».

Le transporteur Robins consiste essentiellement en une longue courroie caoutchoutée supportée par des rouleaux, et transportant par entraînement les matériaux placés dans sa concavité.

Ce système est intéressant non seulement par sa simplicité, mais aussi par la souplesse de son installation qui se prête à de nombreuses combinaisons difficiles à réaliser avec d'autres.

La courroie caoutchoutée se meut le long d'un bâti, sur lesquel sont disposés à intervalles déterminés des rouleaux sur lesquels elle glisse. Ces rouleaux sont disposés comme l'indique la figure 276, c'est-à-dire un au centre horizontal sur lequel porte le milieu de la courroie, et un rouleau incliné de chaque côté qui relève le bord de la courroie qui s'appuie sur lui.

La courroie, sans fin, contourne, aux deux bouts de la course, deux poulies (fig. 277).

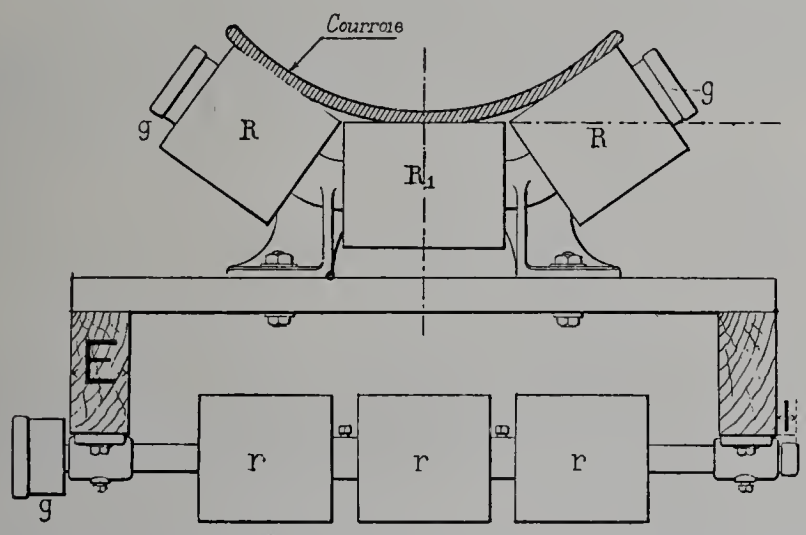


Fig. 276. — Détail de la disposition des rouleaux-guides (transporteur Robins).

L'une est motrice; l'autre, simple poulie de renvoi, est montée sur un bâti à glissière qui permet de la déplacer dans le sens de la courroie, au moyen de vis tendeuses. La tension de la courroie peut donc être réglée à chaque instant suivant son usure ou la nature des matériaux transportés.

Après être passée sur la poulie de renvoi la courroie reprend le chemin inverse en passant au-dessous de la charpente générale sur des rouleaux de retour.

Des rouleaux-guides verticaux peuvent être placés dans les coudes pour maintenir la courroie sur son chemin.

La courroie est constituée par un certain nombre de bandes de toile superposées et enrobées dans du caoutchouc. On voit par la figure 279 que les bords de la courroie comprennent un plus grand nombre de bandes de toile que le centre qui par contre possède une plus forte épaisseur de caoutchouc. Cette disposition rationnelle donne la

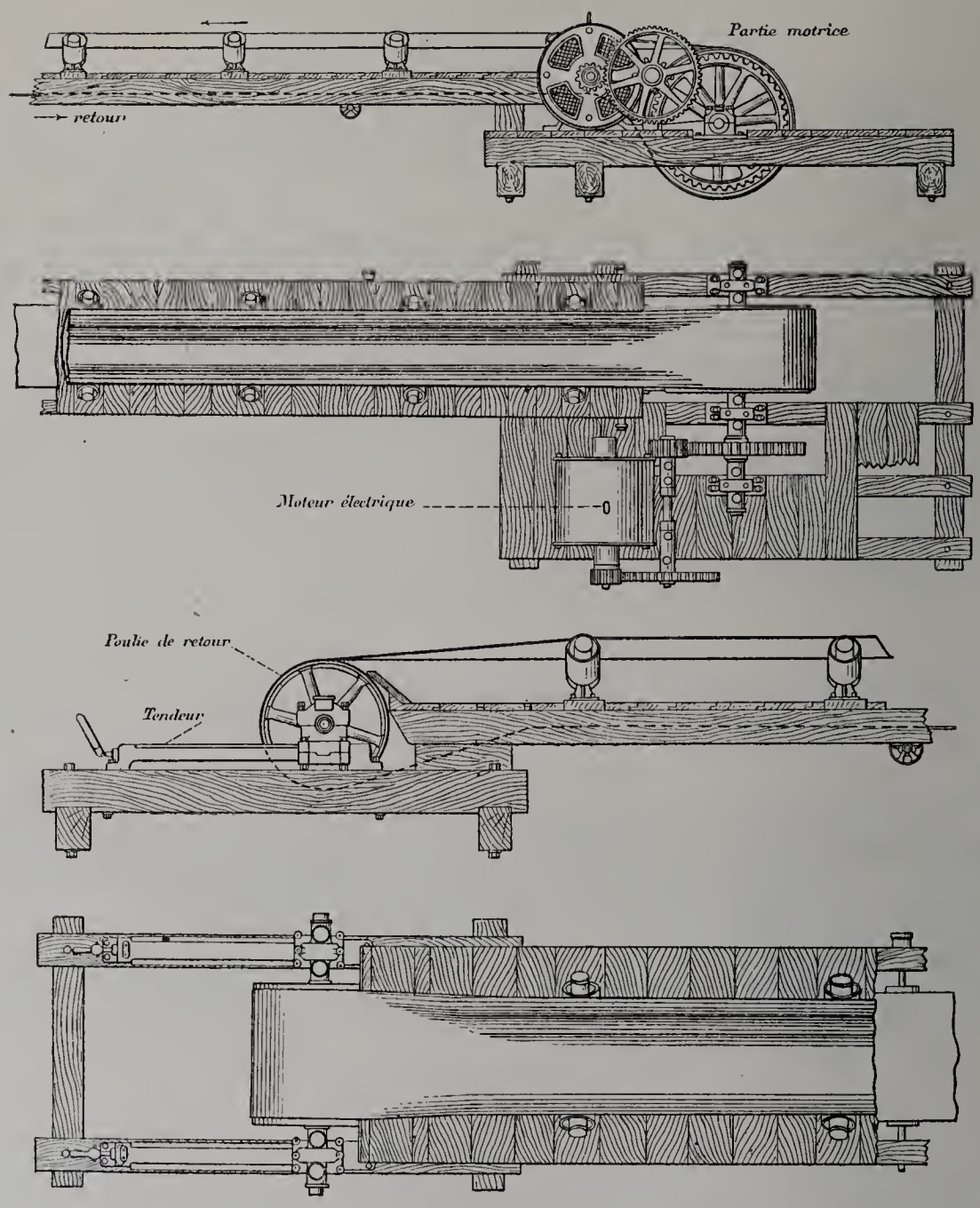


Fig. 277. — Plan et élévation des deux extrémités de la courroie transporteuse Robins.

rigidité voulue aux rebords qui doivent courir sur les rouleaux inclinés; tandis que le caoutchouc du centre, plus souple, forme le fond du canal que constitue la courroie en

Fig. 278. — Coupe de la courroie transporteuse Robins.

roulant sur ses supports; il a été constaté que le caoutchouc résiste beaucoup plus longtemps aux frottements que la toile; cette surépaisseur de caoutchouc à l'endroit où reposent les matières transportées est donc absolument rationnelle.

Les rouleaux présentent une disposition particulière qui met les roulements à l'abri des poussières. A cet effet les rouleaux d'aller R et de retour *r* sont montés sur des axes creux supportés par des consoles. Le canal intérieur percé dans ces axes communique par des trous avec le milieu de la surface de frottement de chaque rouleau. La lubrification s'effectue en forçant de la graisse à l'intérieur de ces axes creux au moyen de godets *g* de compression pouvant contenir environ 500 grammes de graisse. La graisse ainsi forcée passe dans les coussinets et sort à l'intérieur en formant un bourrelet qui les protège d'une façon absolue contre les poussières et l'humidité.

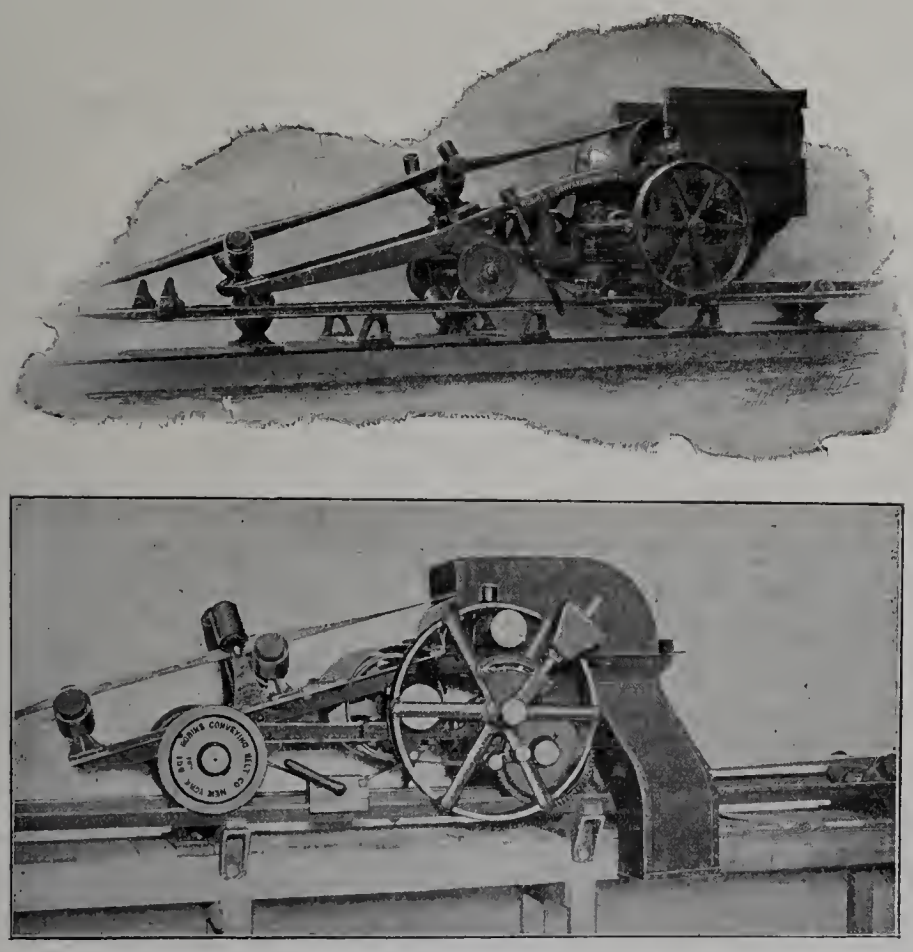


Fig. 279. — Déchargeur automatique de la courroie Robins.

La courroie peut élever les matériaux sur certaines inclinaisons variables suivant leur nature. Certaines installations transportent de la houille sous des inclinaisons de 20 à 23 degrés. Cette courroie, prise plus large, peut servir comme table de triage.

Ce système comporte de plus un appareil de déchargement très simple qui peut être fixe ou mobile.

Ce déchargeur (fig. 279) consiste en un bâti portant deux tambours superposés sur lesquels les courroies viennent passer à un endroit quelconque de son trajet, en formant ainsi un S, pour reprendre ensuite sa course. La courroie en tournant autour du tambour supérieur, déverse les matériaux dans un récipient à deux tuyaux. L'un déverse les matériaux dans les récipients placés près du transporteur. Quand ceux-ci sont pleins, les

matériaux passent par l'autre tuyau qui les conduit sur la suite de la courroie et de là à un autre déchargeur.

Le déchargeur mobile permet de répartir uniformément les matières en décharge le long du transporteur. Pour cela le déchargeur est monté sur un petit chariot, qui peut être mû à la main ou automatiquement. Dans ce dernier cas, le mouvement lui est donné par les tambours qui tournent en sens inverse. Une roue, montée sur excentrique, peut être amenée en contact avec l'un ou l'autre des deux tambours. Par friction cette roue est entraînée et communique son mouvement par pignon denté aux roues du chariot. Si l'on fait mouvoir l'excentrique par un levier à contrepoids dans un sens ou dans l'autre, on amène le contact avec l'un des deux tambours et par suite le chariot peut être entraîné dans un sens ou dans l'autre. Le levier peut d'ailleurs être mû automatiquement par des taquets fixés aux extrémités de la course que le déchargeur peut parcourir.

Ce système de transporteur serait très solide et durable. Il peut transporter des matériaux en blocs très lourds (jusqu'à 250 kilogrammes, dit-on [travaux du Danube]).

Toile de transport pour ateliers de criblage des mines de Lens (fig. 280).

Les mines de Lens ont adopté une modification très heureuse des courroies ou bandes de transport et de triage, donnant d'une part une plus grande résistance à l'usure et d'autre part ne laissant pas tamiser les fines.

Dans ce but, ces courroies sont munies de lamelles de fer à recouvrement; elles sont souples et solides et font un excellent service.

Rivage des mines de Béthune. — Culbuteurs.

Le rivage des mines de Béthune, installé depuis 1878 et modifié depuis, présente des installations récentes intéressantes comportant des culbuteurs (type d'Anzin modifié) et un système de touage permettant la manœuvre des bateaux le long des trémies de chargement. Ce rivage (fig. 281) comprend un bassin de 320 mètres de long sur 22 m. 50 de large, relié au canal par un goulet de communication passant sous le chemin de fer du Nord.

Deux culbuteurs sont installés sur l'un des côtés du bassin et chacun permet d'embarquer très facilement 120 tonnes à l'heure. Ces deux culbuteurs sont desservis par un réseau de voies pour wagons chargés et wagons vides.

Les wagons arrivant des fosses sont remontés par les locomotives, chassés, s'il y a lieu, sur un faisceau de voies latéral, puis chaque rame est conduite aux culbuteurs.

Les wagons vides descendent par la gravité et sont repris par les locomotives. Le mouvement des wagons se fait donc d'une façon rationnelle et les frais de manutention sont réduits au minimum.

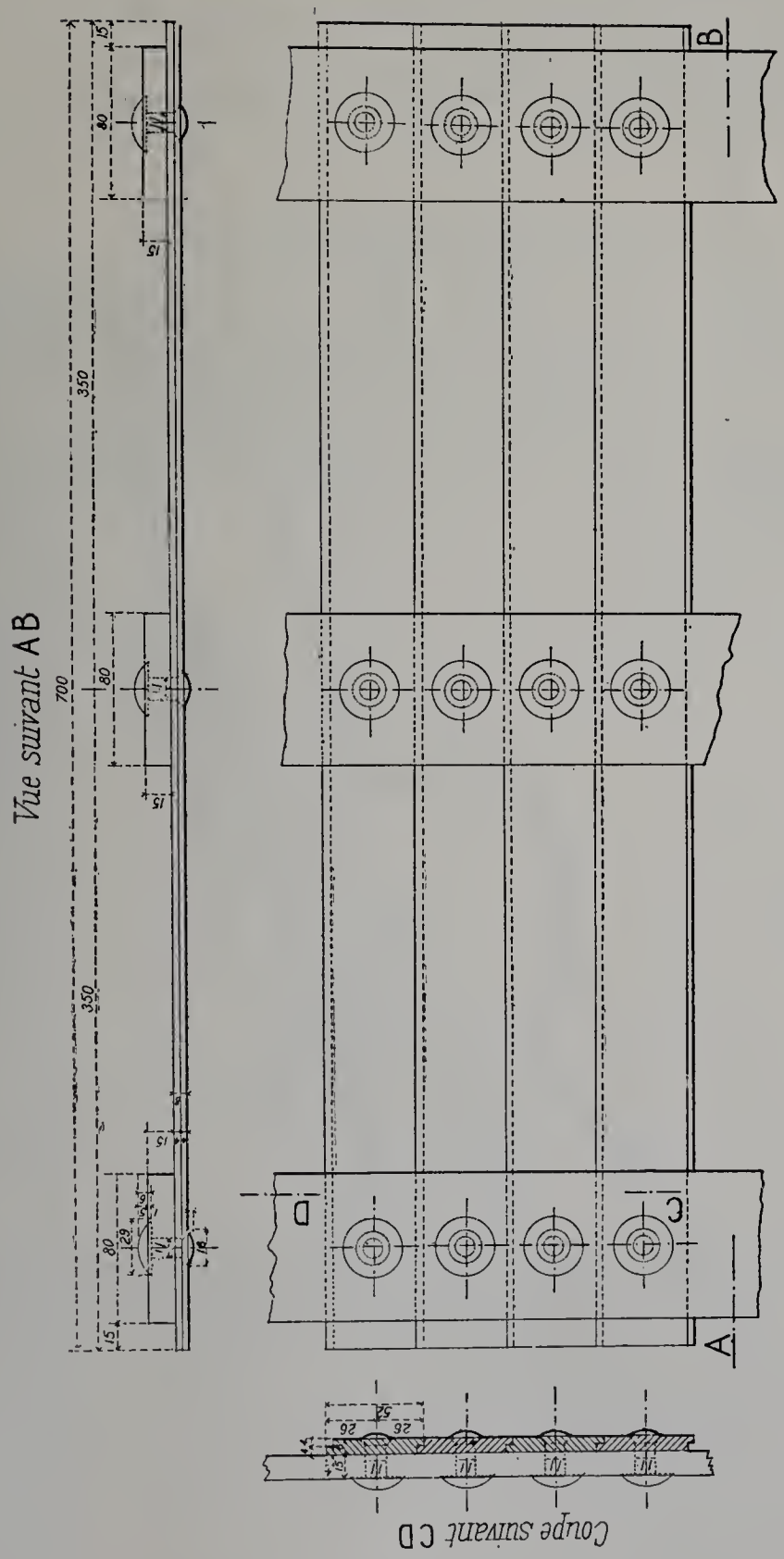


Fig. 280. — Toile des Mines de Lens.

Les premiers culbuteurs installés avaient le grave inconvénient d'être trop brusques, ils fatiguaient beaucoup le matériel. On remédia à cet inconvénient par l'emploi d'un frein hydraulique. Les chocs furent ainsi fortement atténués sinon complètement supprimés.

Plus tard, en 1890, le contrepoids différentiel fut remplacé par le pendule différentiel et le frein hydraulique. Les appareils ainsi transformés donnent pleine satisfaction et ont permis depuis 1896 de culbuter indifféremment les anciens wagons chargés à

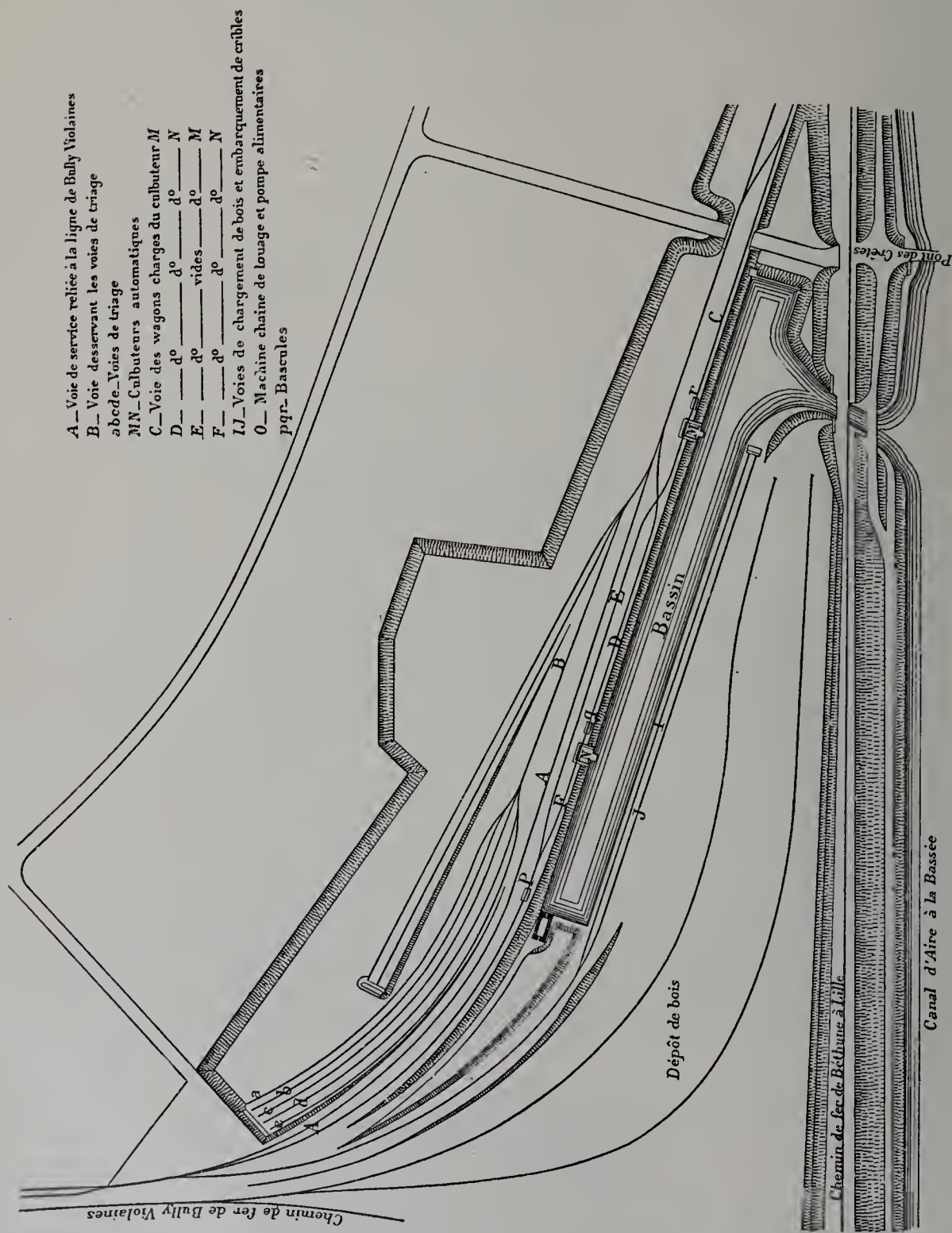


Fig. 281. — Quai d'embarquement des Mines de Béthune.

10 tonnes et les nouveaux wagons de la Compagnie de Béthune qui sont entièrement métalliques et contiennent 15 tonnes.

Ces culbuteurs (fig. 282 et 283) fonctionnent sous la simple impulsion de la pesan-

teur, par la variation de position du centre de gravité du système qui se trouve d'un côté de l'axe de rotation lorsque le wagon est plein, et de l'autre quand il est vide. Ce résultat est obtenu par une excentricité de l'axe de la voie par rapport à l'axe de rotation et par l'effet d'un contrepoids, fixé d'une manière rigide au tablier métallique, muni de deux

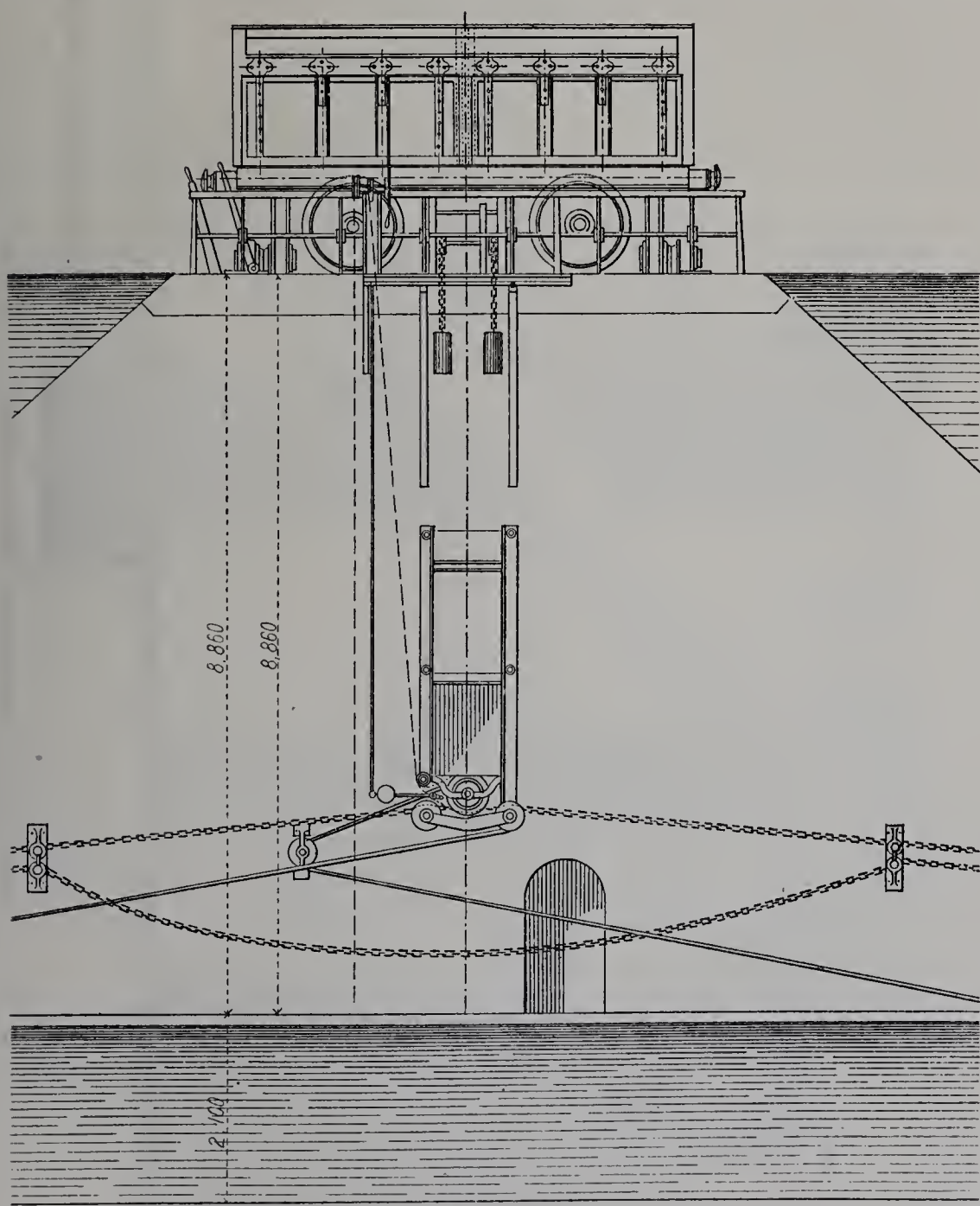


Fig. 282. — Quai d'embarquement des Mines de Béthune. — Vue de face d'un culbuteur.

tourillons, qui constitue le basculeur. Le mouvement est régularisé par l'emploi d'un frein hydraulique, composé simplement d'un cylindre dans lequel se meut un piston relié au tablier par une bielle. On peut établir ou supprimer la communication entre les deux faces du piston.

Ce frein sert en même temps pour maintenir l'ensemble du système à ses deux positions extrêmes, le piston agissant sur un liquide incompressible.

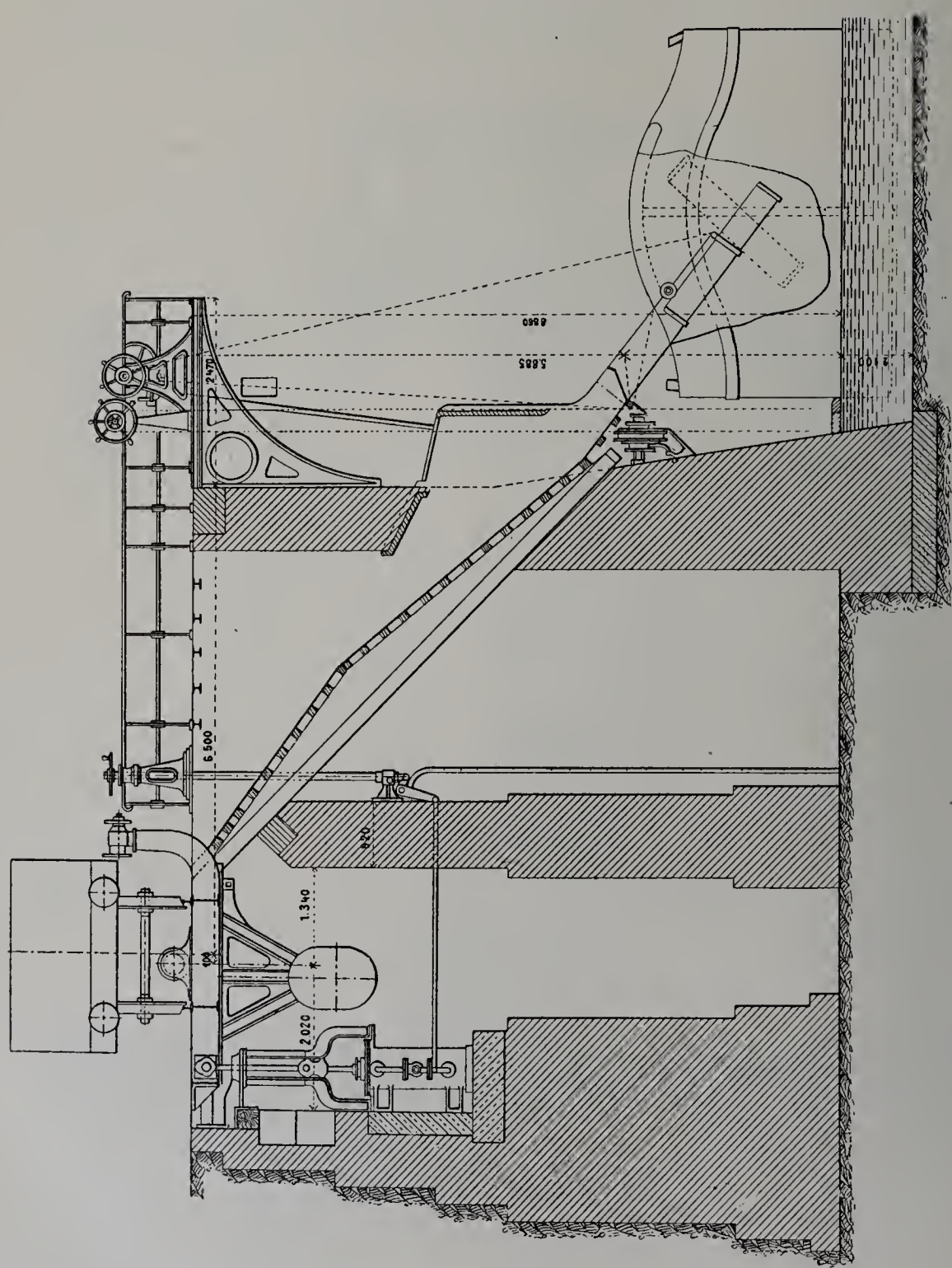


Fig. 283. — Culbuteur du quai d'embarquement des Mines de Béthune. — Coupe transversale.

Le plancher du wagon est incliné à 35 degrés et le charbon s'écoule sans aucune chute jusque dans le fond du bateau, par une trémie continuée par deux couloirs mobiles.

Un appareil de touage mécanique (fig. 282 et 284) permet de déplacer le bateau

devant la trémie dans un sens quelconque et sans aucune main-d'œuvre. Les chaînes de touage sont mues par un appareil moteur situé au bout du bassin.

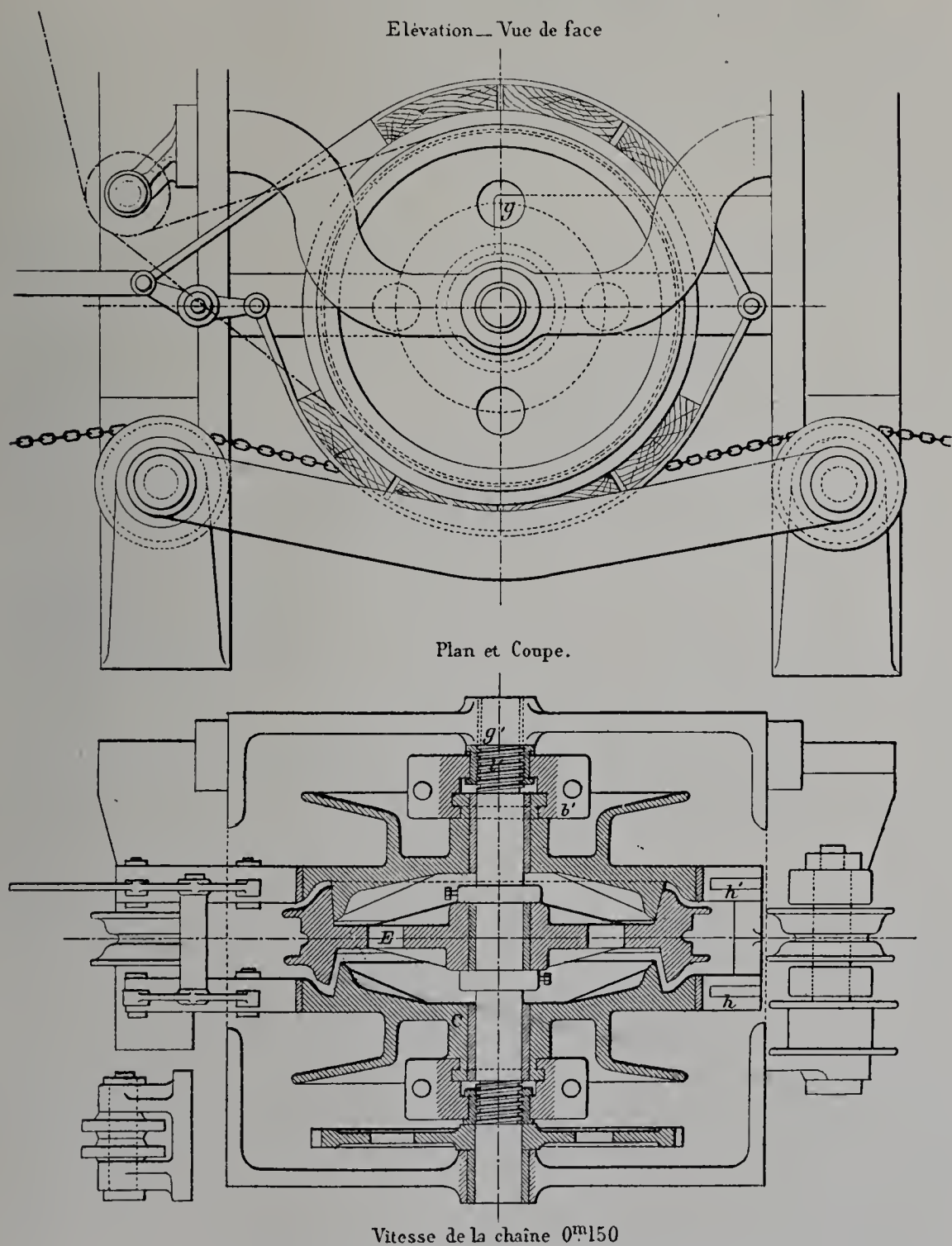


Fig. 284. — Quai d'embarquement des Mines de Béthune.
Touret pour la chaîne de touage.

L'autre côté du bassin est réservé au déchargement des bois de mines et des matériaux divers. Il existe de ce côté un vaste emplacement avec voies de chemin de fer, servant de dépôt aux bois de mines.

Mise à terril mécanique (système Lévêque et Cie).

La mise en terril des déblais de charbonnages présente un intérêt particulier. Une fois que la surface dont on dispose a été couverte et que le niveau de la recette a été atteint, il se présente certaines difficultés, que l'on a cherché à vaincre au moyen de d'élévateurs ou de transports sur voies inclinées à faible pente, par chevaux ou locomobiles.

Ces systèmes ont un certain nombre d'inconvénients que l'on s'est préoccupé de faire disparaître, tels que, par exemple, l'augmentation de la main-d'œuvre ou l'immobilisation d'un matériel roulant trop considérable.

Les charbonnages du Bois du Luc ont réalisé une disposition intéressante en déversant les déblais dans une trémie située au niveau de la recette. Sous cette trémie, deux wagonnets viennent reprendre ces déblais et, montant au moyen de câbles tracteurs sur un plan fortement incliné constitué par le terril en formation, vont les déverser à la partie supérieure. Ces wagonnets, genre Decauville, nécessitent la présence d'un ou deux hommes à l'extrémité du plan incliné pour opérer le mouvement de bascule nécessaire au débarquement. A la partie supérieure se trouvent les poulies de renvoi des câbles tracteurs des wagonnets, poulies qui doivent être remontées de temps en temps, suivant l'avancement du terril. En bas, au-dessous de la trémie, se trouve installé le treuil à vapeur qui fait le service des wagonnets.

M. Lévêque, sur des données établies par les charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune, a réalisé des perfectionnements qui permettent de réduire à un seul homme le personnel nécessaire pour effectuer tout le service de la manœuvre des wagonnets (fig. 285).

Ces wagonnets sont d'un modèle spécial, à fond incliné, muni d'une paroi mobile sur charnières qui s'ouvre au moyen d'un déclic qui joue lorsque le wagonnet arrive en haut et produit le déchargement; cette paroi se ferme automatiquement lorsque le wagonnet arrive en bas au contact du butoir placé sous la trémie.

On peut employer aussi des wagonnets culbuteurs, culbutant automatiquement lorsqu'ils sont au sommet et reprenant leur position normale lorsqu'ils sont vides.

Une disposition spéciale de levier prévoit la rupture possible du câble tracteur et prévient les accidents en provoquant l'arrêt du wagonnet dès que cette rupture se produit.

Les poulies de renvoi du câble sont portées par une charpente spéciale offrant un grand porte-à faux sur la crête du terril. Cette charpente permet :

1° D'assurer au plan incliné la largeur nécessaire pour deux voies de rail, sans qu'il soit besoin de parfaire au moyen de déblais rapportés;

2° De prévoir le tassement du terril, qui a pour effet de modifier la pente du plan incliné.

La charpente est munie de deux vérins à vis, destinés à son relevage, suivant la

pente du plan incliné; elle est portée par des galets sur lesquels elle roule pendant ce relevage.

Le treuil est placé sous la trémie, entre les deux voies de rails et au-dessus de leur niveau, de façon à ce que le mécanicien puisse manœuvrer les leviers des registres qui donnent écoulement à la trémie, sans cependant être exposé au moindre accident.

La figure 285 représente l'élévation en long d'une telle installation ainsi que la vue en plan.

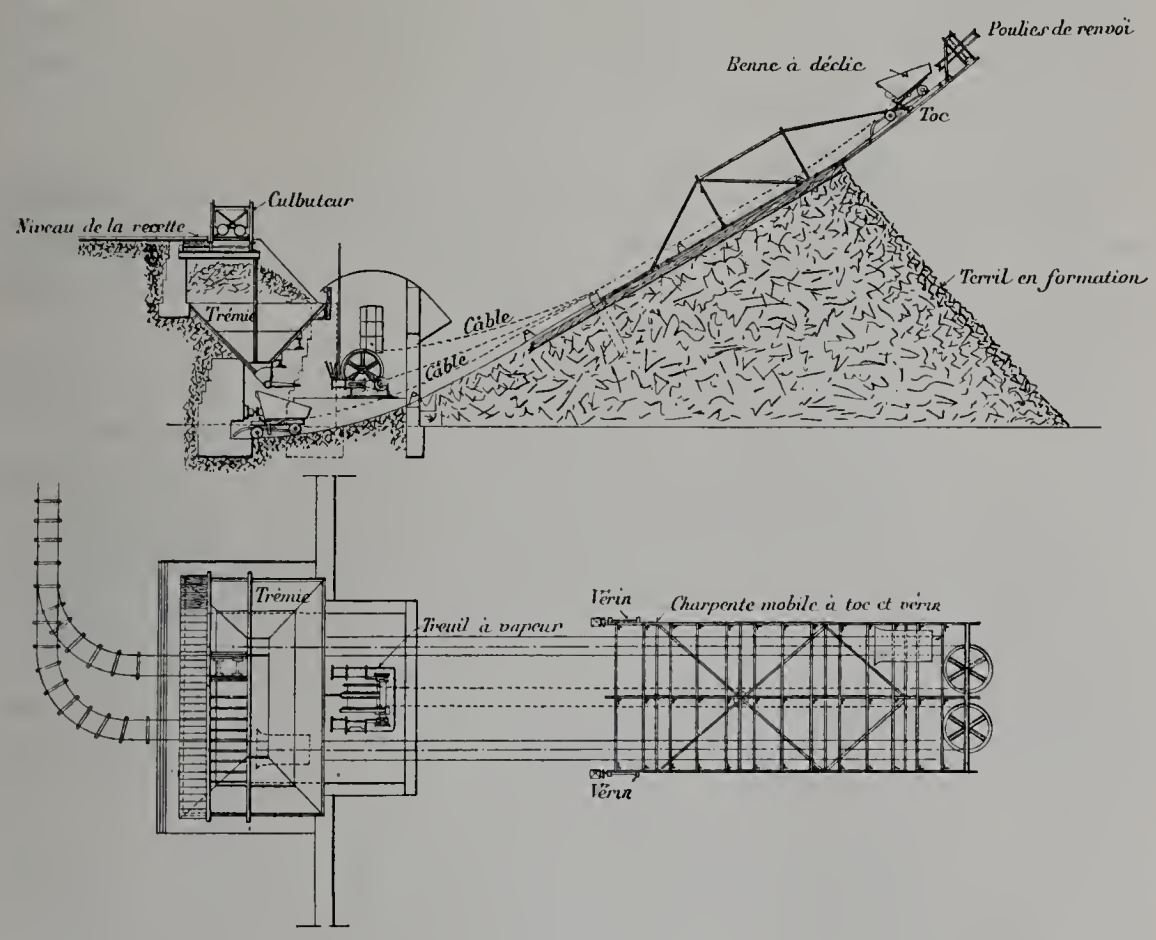


Fig. 285. — Mise à terril mécanique, système Lévêque, des Charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune (Belgique).

La trémie est surmontée d'un culbuteur roulant, permettant de déverser en tous les points de sa longueur. Le treuil est protégé par un petit bâtiment, dont le mur d'avant est découpé par deux portes, donnant entrée et sortie aux wagonnets et par une fenêtre permettant au mécanicien de suivre la marche du wagonnet montant. Les tambours du treuil sont réunis entre eux par boulons, de façon que, l'un d'eux étant calé sur l'arbre et l'autre fou, on puisse dévider la longueur du câble nécessaire chaque fois que la charpente-flèche est remontée.

CHAPITRE XIV

AGGLOMÉRÉS.

La fabrication des agglomérés de charbons a pris depuis quelque temps une importance qui grandit chaque jour. On est arrivé par des perfectionnements continus à résoudre à peu près toutes les difficultés rencontrées pour l'agglomération des diverses espèces de charbons, tant pour les houilles et cokes que pour les lignites et la tourbe.

En même temps que la briquette d'agglomérés est arrivée à constituer un combustible commode, économique et régulier, en particulier pour les chemins de fer et la navigation, elle a mis beaucoup d'exploitants à même d'utiliser une partie de leur production autrefois rejetée comme inutilisable et sans valeur.

Bien des procédés ont été employés, ils diffèrent suivant les pays et suivant la nature des combustibles employés; on emploie en général un mélange en proportions variables de combustible et de brai; en Russie, M. Jessé Roux est arrivé à réaliser de bonnes briquettes avec les charbons du Donetz et des résidus de naphte russe.

L'agglomération s'étend aussi à la métallurgie, et en particulier à la fabrication de briquettes de minerai de fer mélangé de chaux hydraulique, destinées aux hauts fourneaux.

Nous nous bornerons à donner la description de trois machines dont les plus intéressantes sont les presses à double et triple compression de M. Couffinhal. Nous donnerons quelques renseignements accessoires sur l'application de ces machines à la fabrication des briquettes de minerai de fer.

Machine à agglomérer Couffinhal.

La machine à agglomérer Couffinhal (fig. 286) est bien connue et très répandue. Le dernier modèle exposé permet la triple compression.

Elle se compose essentiellement : 1° d'un mélangeur; 2° d'un plateau à alvéoles; 3° d'un noyau fixe autour duquel tourne le plateau; 4° d'un système de genouillères actionnant des pistons; 5° d'un bâti supportant le tout.

La figure 287 montre la constitution de cette machine dont la description détaillée est la suivante :

Un arbre à poulie A entraîne par engrenages un arbre parallèle B, qui porte les organes de fonctionnement suivants :

1° Un levier à galet L destiné à faire avancer le plateau à alvéoles P. Le galet entre dans des logements pratiqués sur un bord extérieur du plateau et entraîne ce plateau jusqu'à ce qu'il sorte de ces logements par la rotation de L (fig. 287-[7]);

2° Une came C opposée au levier L et qui entre dans des logements circulaires

placés sur l'autre bord extérieur du plateau P, lorsque le galet *g* quitte le dernier. La came circulaire maintient le plateau immobile jusqu'à ce qu'en tournant le levier L replace son galet en contact avec le plateau;

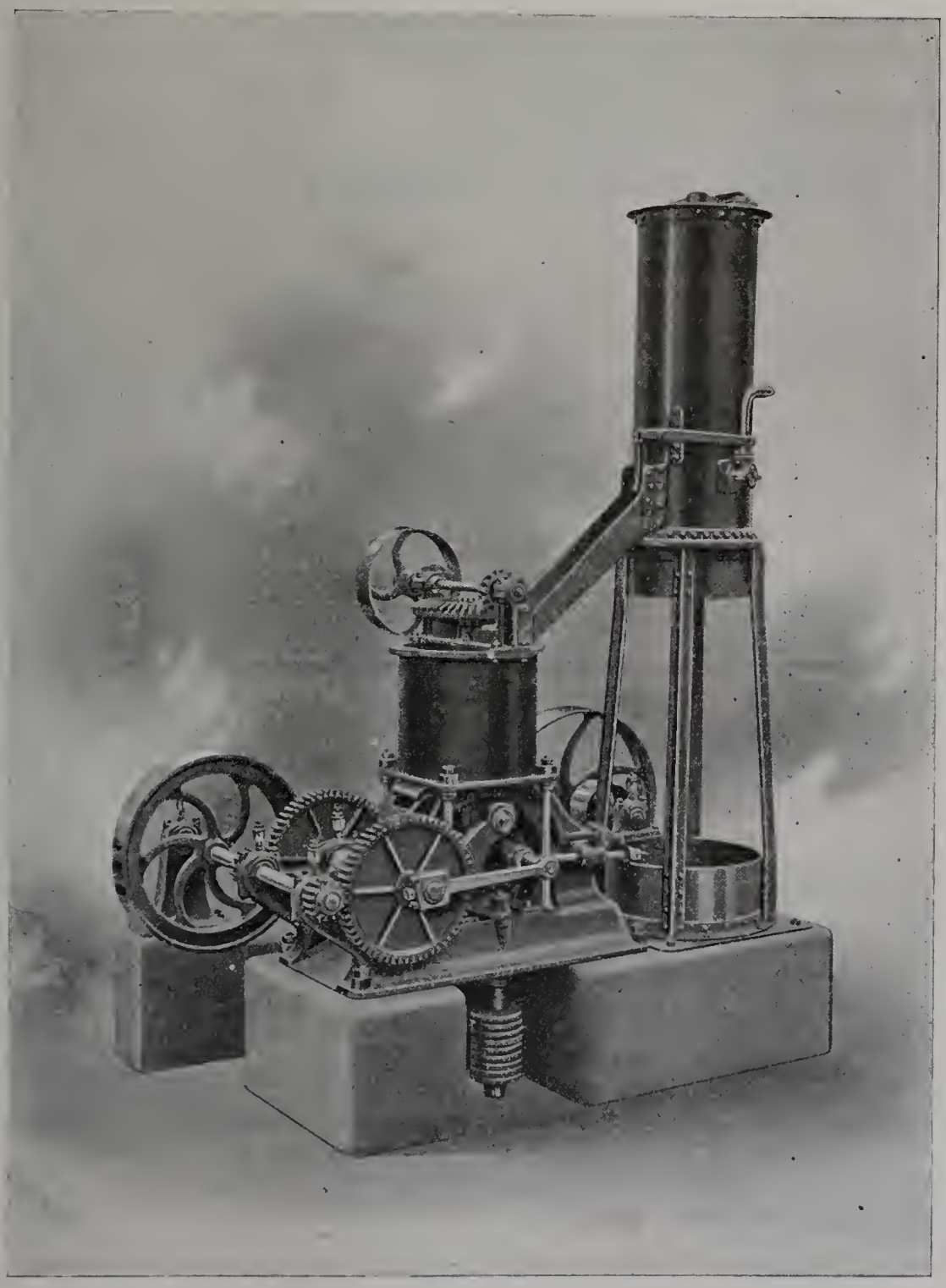


Fig. 286. — Machine à agglomérer, à triple compression (Couffinhal et ses fils), modèle 1900.

3° Deux bielles semblables *b*, *b'* situées à ses deux extrémités et agissant aux deux bouts de l'axe de genouillère X.

IMPRIMERIE NATIONALE.

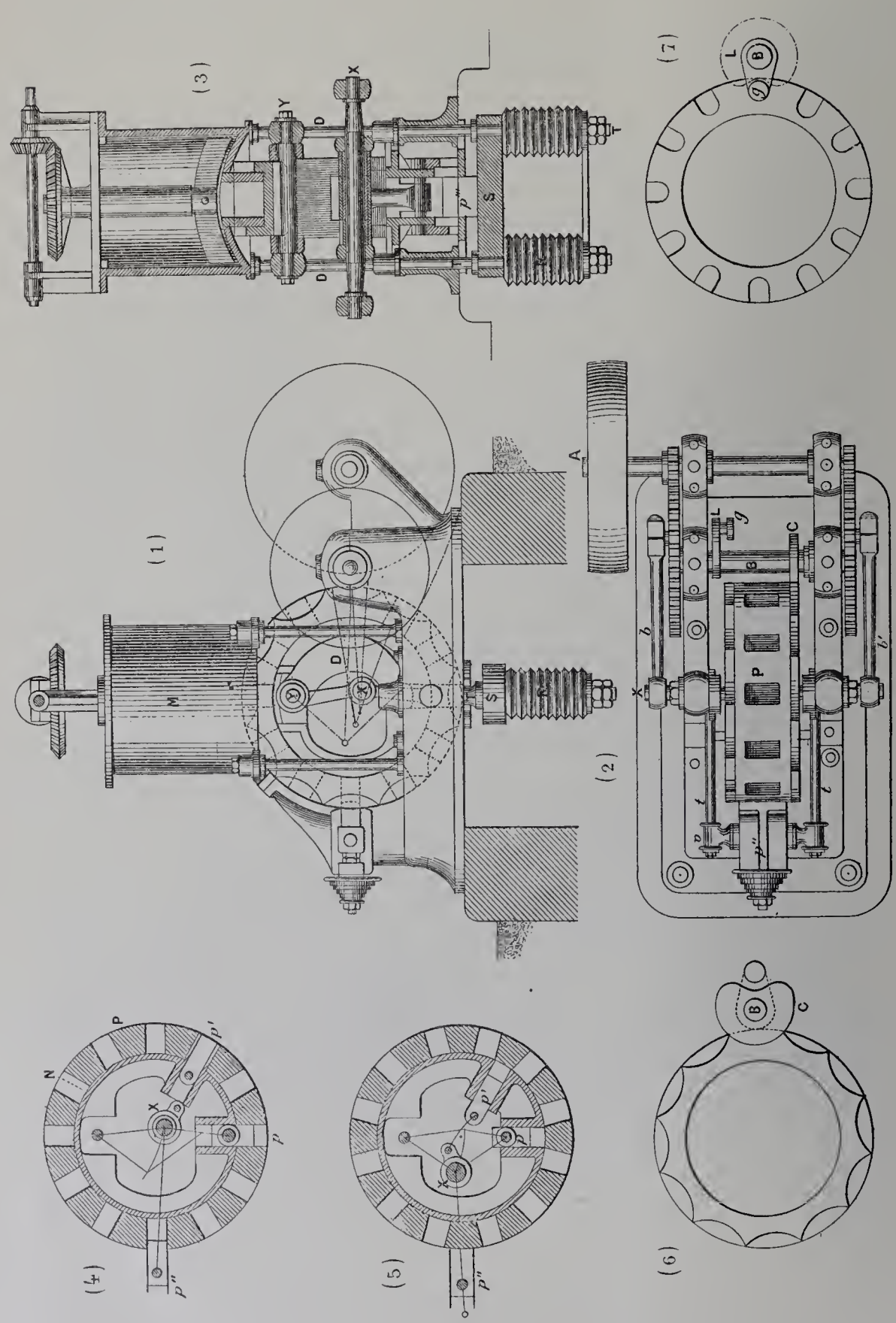


Fig. 287. — Machine à agglomérer, à triple compression, système Coussinhal. — Détails, coupes, plans et élévations.

1. Élévation. — 2. Plan. — 3. Coupe transversale. — 4 et 5. Positions extrêmes des pistons. — 6 et 7. Fonctionnement de la roue à alvéoles et de la came.

La partie inférieure de la genouillère est articulée sur le piston inférieur p de haute compression et reçoit la bielle du piston de démoulage p' (fig. 288-[4] et [5]).

La partie supérieure de la genouillère est articulée sur un arbre Y fixé au sommet de deux arcs solides D portant à leur partie inférieure deux tirants T qui supportent un sommier S par l'intermédiaire de ressorts Belleville R. Le sommier S porte à son tour le piston inférieur p''' opposé à p.

L'axe X de genouillère porte deux tirants t actionnant une traverse U articulée sur un piston p'' de première compression.

Ceci posé, le fonctionnement est le suivant : le plateau P passant en dessous du mélangeur M, les alvéoles supérieures se remplissent dès qu'elles arrivent à l'ouverture destinée à cet effet. Chaque alvéole reste en présence de cette ouverture pendant plusieurs périodes de déplacement du plateau de façon que le remplissage soit bien assuré.

Le plateau venant de s'arrêter, la genouillère X prend son mouvement : 1° le piston p'' entre dans l'alvéole horizontale et produit la première compression sur la face extérieure et contre le noyau.

2° Le piston p entre dans l'alvéole inférieure et comprime fortement la face intérieure de la briquette contre le piston inférieur p''', qui, lui-même, entraîné par la réaction de la partie supérieure de la genouillère sur Y, D et les tirants T, se relève poussé par le sommier et vient comprimer la face extérieure de la briquette. Lorsque la limite de compression est atteinte, les ressorts Belleville cèdent, empêchant le bris de la genouillère (double compression);

3° Le piston p'', poussé par sa bielle, repousse la briquette qui se trouve dans l'alvéole correspondante et la fait sortir du plateau (démoulage).

Les bielles b revenant en arrière dans la seconde partie du mouvement, les pistons sortent tous de leurs alvéoles. A ce moment le galet g entre en contact avec le plateau et produit la rotation voulue (1 alvéole).

L'élasticité de la compression des briquettes est obtenue par les rondelles Belleville, dont le nombre est déterminé suivant le type. On place deux groupes de ressorts convenablement choisis pour les petites machines produisant les briquettes de 1 à 4 kilogrammes et quatre groupes pour les plus grosses (briquettes de 5 à 10 kilogrammes).

Cette machine, dont le fonctionnement est sûr, a donné d'excellents résultats. Le mécanisme intérieur est bien abrité et robuste.

Elle peut produire jusqu'à 15,000 briquettes par jour.

Les quatre types construits par M. Couffinhal sont les suivants :

		PRODUCTION PAR JOUR.
Briquettes de	1 à 1 kilogr. 500	10 à 25 tonnes
	3 4 kilogrammes	60 70
	5 6 kilogrammes	90 110
	8 10 kilogrammes	140 168

La presse Couffinhal produit des briquettes d'une bonne cohésion régulière, effet de

la double compression, d'une part, et de la durée relativement grande de compression, d'autre part.

Cette durée de compression, obtenue par le passage au point mort de la genouillère et la détente des ressorts, permet à l'eau de s'écouler convenablement des moules et de traiter par suite des mélanges plus humides que ceux qui conviennent ordinairement.

Machine à agglomérer Couffinhal, construite par les ateliers de La Chaléassière. — Type à double compression. Agglomération des minerais de fer.

Cette machine à double compression a été appliquée par la maison Biétrix à l'agglomération des minerais de fer. Avant de donner un aperçu de la composition des briquettes de minerai, nous allons décrire sommairement cette machine, qui donne de très bons résultats. Elle a d'ailleurs figuré en partie à l'Exposition de 1889.

Machine. — Cette machine (fig. 288 et 289) est mise en mouvement par un arbre horizontal qui peut être l'arbre de couche d'un moteur quelconque ou un arbre de transmission intermédiaire.

Ce premier arbre commande, au moyen d'un pignon, des roues d'engrenage calées au bout de deux arbres placés symétriquement par rapport à l'axe principal de la machine; ceux-ci sont munis, aux extrémités opposées, de manivelles actionnant les deux bielles verticales que l'on voit au premier plan dans la vignette.

Ces bielles attaquent un joug horizontal qui transmet son mouvement alternatif de montée et de descente à deux balanciers placés au-dessus du plateau à alvéoles, lesquels portent le piston mouleur supérieur et le piston démouleur. Ces derniers sont guidés par une pièce centrale fixée au bâti. Une paire de balanciers semblables aux précédents porte, en dessous du plateau à alvéoles, le piston mouleur inférieur; ils peuvent tourner autour d'un axe situé en avant, dans le plan vertical moyen passant par le joug, et leurs extrémités opposées sont en relation avec les extrémités correspondantes des premiers, par l'intermédiaire de deux flasques portant le pot de presse régulateur.

Lorsque la compression se produit par l'abaissement des balanciers et du piston mouleur situé au-dessus du plateau, il arrive un moment où la partie *supérieure* de la briquette ne s'abaisse plus par suite de la résistance qu'oppose le piston inférieur, et aussi à cause du frottement qu'éprouve le charbon contre les parois du moule; à cet instant, la face inférieure étant moins pressée que la face supérieure, une réaction se produit, cette dernière face devient fixe et le piston inférieur agit à son tour jusqu'à ce que la pression soit arrivée à être la même des deux côtés.

Le mécanisme est simple; il est assez analogue à celui d'un casse-noix. Pour arrêter l'augmentation de la compression lorsque la résistance atteint une limite donnée par la matière à traiter, on a rendu les organes en quelque sorte élastiques. L'axe arrière des balanciers supérieurs peut se déplacer dans une coulisse pratiquée dans les deux flasques verticaux dont il a été question, il est en relation avec le piston d'un pot de

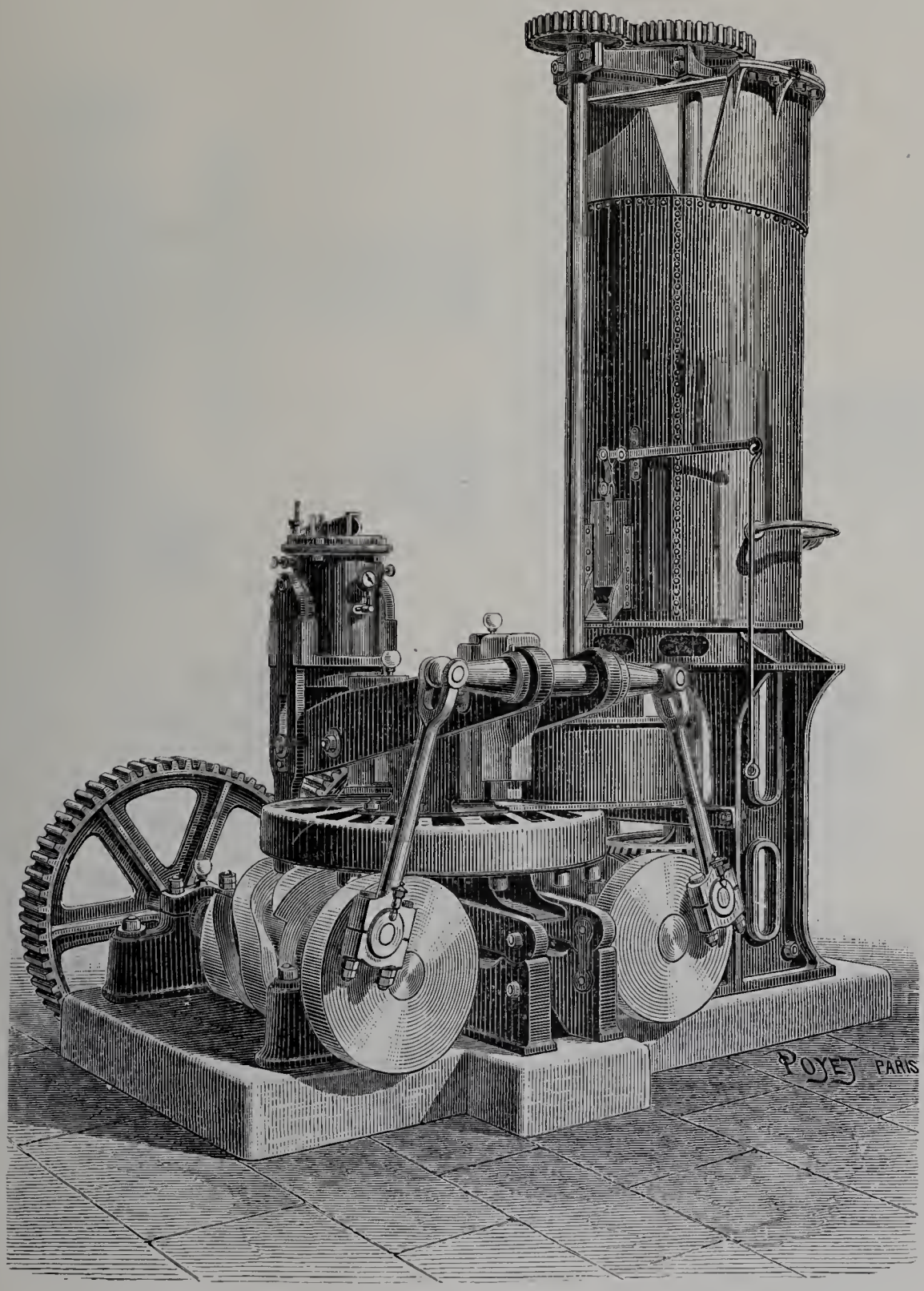


Fig. 288. — Machine à agglomérer, à double compression, système Couflinhal, construite par les Ateliers de La Chaléassière.

presse hydraulique dont la figure 289 donne deux coupes suffisamment explicites. Par la tension du ressort que porte cet appareil, on règle avec facilité la pression que l'on veut obtenir sur les briquettes.

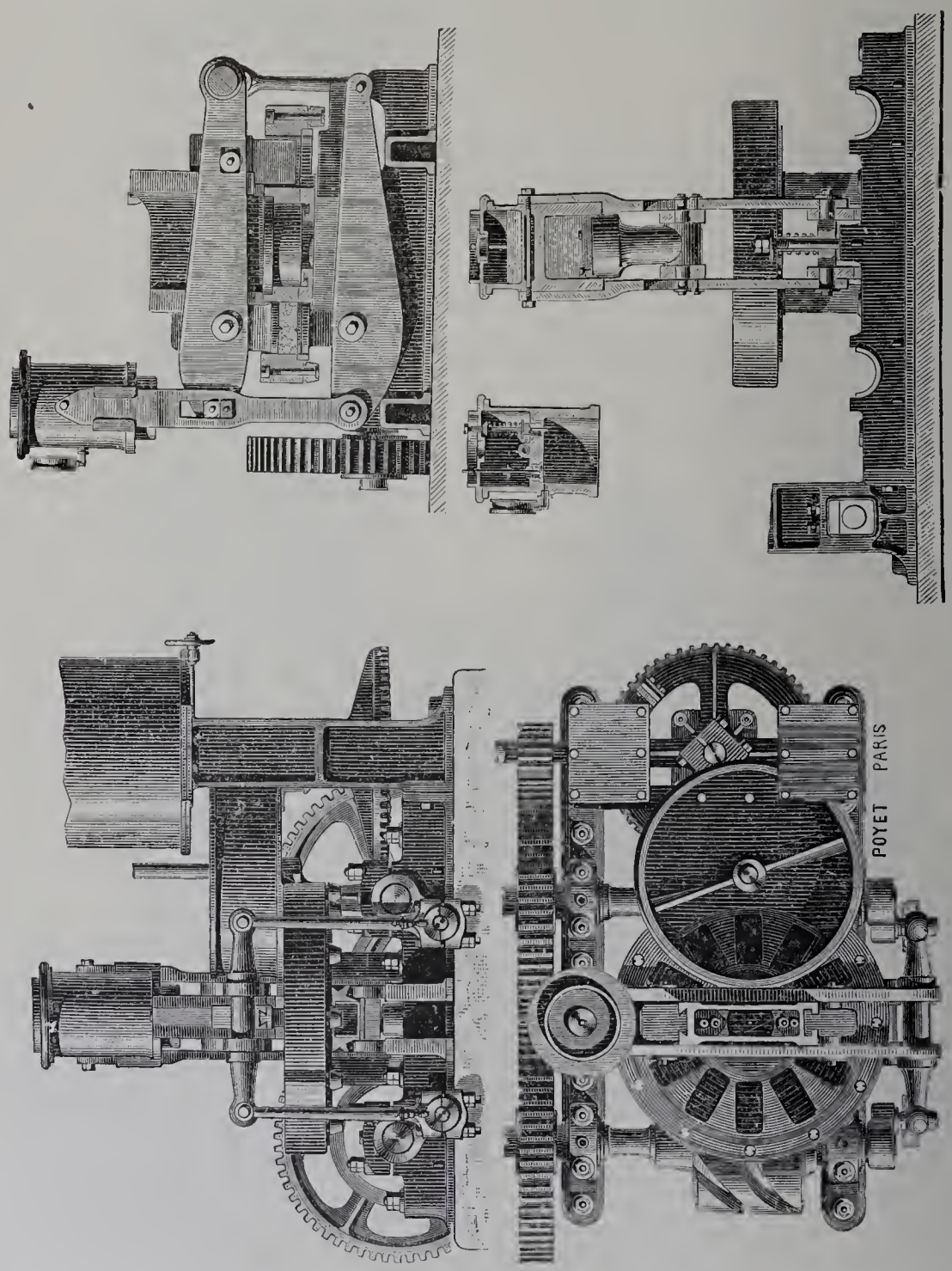


Fig. 289. — Machine à agglomérer, à double compression, système Couffinhal, construite par les Ateliers de La Chaléassière — Élévation, plan et coupes.

En résumé la compression se fait en trois temps :

1° Le piston compresseur supérieur agit seul; 2° le piston inférieur monte jusqu'à ce que la pression soit égale sur les deux faces; 3° le piston du pot de presse rentre dans le cylindre hydraulique à partir du moment où la pression est atteinte et jusqu'à ce que le point mort soit franchi par les manivelles.

La mise en place du plateau est assurée par un tambour portant des rainures d'une forme particulière, dont l'effet est de commencer le déplacement avec une vitesse, nulle au début, qui croît d'une façon uniforme jusqu'à un maximum, pour repasser ensuite par les mêmes valeurs en sens inverse, et revenir au degré initial. La courbe de relation du mouvement est composée de deux paraboles. On conçoit fort bien l'effet du tambour opérant le déplacement du plateau.

Les galets s'engagent successivement dans ces rainures et sont poussés par les faces de celles-ci : le plateau s'arrête quand les galets s'engagent dans les parties normales des rainures; il est alors maintenu en repos par trois galets empêchant son mouvement dans les deux sens.

Le démoulage se fait sur un tablier à bascule ou sur une toile sans fin placée directement sous la machine.

Le remplissage des alvéoles est obtenu au moyen d'un distributeur ordinaire, alimenté par un appareil quelconque de préparation de la pâte.

Un ressort que l'on peut voir entre les deux flasques verticaux, sur une des coupes de la figure 289, a pour but de ramener à leur position normale les balanciers supérieurs après leur soulèvement pour la compression du dessous de la briquette. Un tube intérieur sert de limite au fléchissement du ressort.

Agglomération des minerais de fer. — Cette machine se prête parfaitement à l'agglomération des minerais de fer. Pour obtenir des briquettes assez dures, après séchage, pour être entassées dans le haut fourneau sans s'écraser sous le poids de la charge, il est nécessaire d'obtenir une compression à l'agglomération allant jusqu'à 600 kilogrammes par centimètre carré.

La fabrication est faite de la façon suivante :

La matière liante employée pour agglomérer les minerais de fer est en général la chaux hydraulique dans la proportion de 3 à 6 p. 100.

Il est à remarquer que cette matière introduite dans le minerai n'est pas une matière neutre occupant inutilement de la place; elle sert au contraire de castine et on doit en tenir compte dans le calcul du lit de fusion.

La chaux agit sur le minerai comme sur le sable dans les mortiers; il se produit une carbonatation qui fait que les briquettes, assez peu résistantes au sortir de la presse, acquièrent après séchage une dureté comparable à celle de la pierre.

Toutefois, les briquettes doivent avoir en sortant de la machine une dureté suffisante pour permettre les manipulations. C'est pourquoi, comme nous l'avons dit plus haut, les presses doivent exercer une pression assez grande pour donner au mélange une cohésion suffisante; et, de fait, les pressions exercées sur les briquettes varient de 300 à 600 kilogrammes par centimètre carré.

Le mélange de minerai et de chaux est fait, soit à la main, soit au moyen de soles distributrices.

Lorsque le mélange est très sec, il faut ajouter une certaine quantité d'eau variable suivant l'état et la nature du minerai.

Le minerai et la chaux sont repris par une noria qui les monte dans le malaxeur où s'achève le mélange.

Du malaxeur, la matière se rend dans le distributeur et de là dans les alvéoles du plateau mouleur où elle subit l'action du piston compresseur.

Dans certains cas, en particulier, lorsque le minerai est argileux, l'agglomération peut se faire par simple compression et sans adjonction de liant.

Dans les premières presses construites (Le Creusot), les briquettes avaient la forme parallélipipédique; on a reconnu depuis que la forme cylindrique était préférable parce qu'elle présente moins d'arêtes sujettes à s'épaufrer et par suite à former du déchet. Ces briquettes s'empilent d'ailleurs très facilement.

Actuellement, les briquettes sont des cylindres dont les dimensions moyennes sont les suivantes :

Diamètre	108 millimètres.
Hauteur	100
Poids approximatif	2 kilogr.

La presse n° 2 fabrique deux semblables briquettes par coup de balancier et l'allure normale de la machine est de vingt-cinq coups par minute. La production est donc de 6 tonnes à l'heure.

Les briquettes sortant des alvéoles sont reçues sur une toile transporteuse qui permet de les amener au point où elles doivent être empilées et séchées.

Les dimensions des tas correspondent à la production d'une journée; ils sont établis sur des plaques perforées recouvrant des foyers dans lesquels on brûle généralement des combustibles de qualité inférieure. Les briquettes restent un certain temps exposées à l'air libre; la durée de cette exposition est variable suivant la nature des minerais traités.

A Chasse (Isère), l'exposition à l'air libre dure six jours. Au bout de ce temps les tas de briquettes sont recouverts d'étuves roulantes, sous lesquelles ils restent environ quarante-huit heures. Ces étuves sont munies à leur partie supérieure d'une cheminée pour l'évacuation de la vapeur d'eau et des fumées provenant du four. Au sortir des étuves, les briquettes sont prêtes à aller au fourneau.

L'installation d'une machine à agglomérer comporte donc l'établissement de 10 aires d'empilage capables de recevoir chacune 60 tonnes de briquettes. Il y a constamment six tas séchant à l'air libre, deux sous les étuves, un en empilage, un dixième en dépilage.

On peut réduire un peu le nombre des aires de séchage en diminuant le temps d'exposition à l'air libre et en augmentant au contraire la durée de passage sous les étuves. C'est ce qui a été fait à Briansk.

La force motrice nécessaire pour la machine seule est de 25 chevaux environ. Pour le reste de l'installation, il faudrait en moyenne 15 P (noria, soles, etc.).

Presses à agglomérés ovoïdes de L'Horme et La Buire.

La presse de la société de L'Horme et La Buire (fig. 290) est disposée pour faire des boulets ovoïdes. Son mécanisme est le suivant :

Deux roues à empreintes ou alvéoles ovoïdes, tournant l'une contre l'autre d'un mouvement régulier et solidaire, compriment un ruban de pâte (mélange aussi intime que

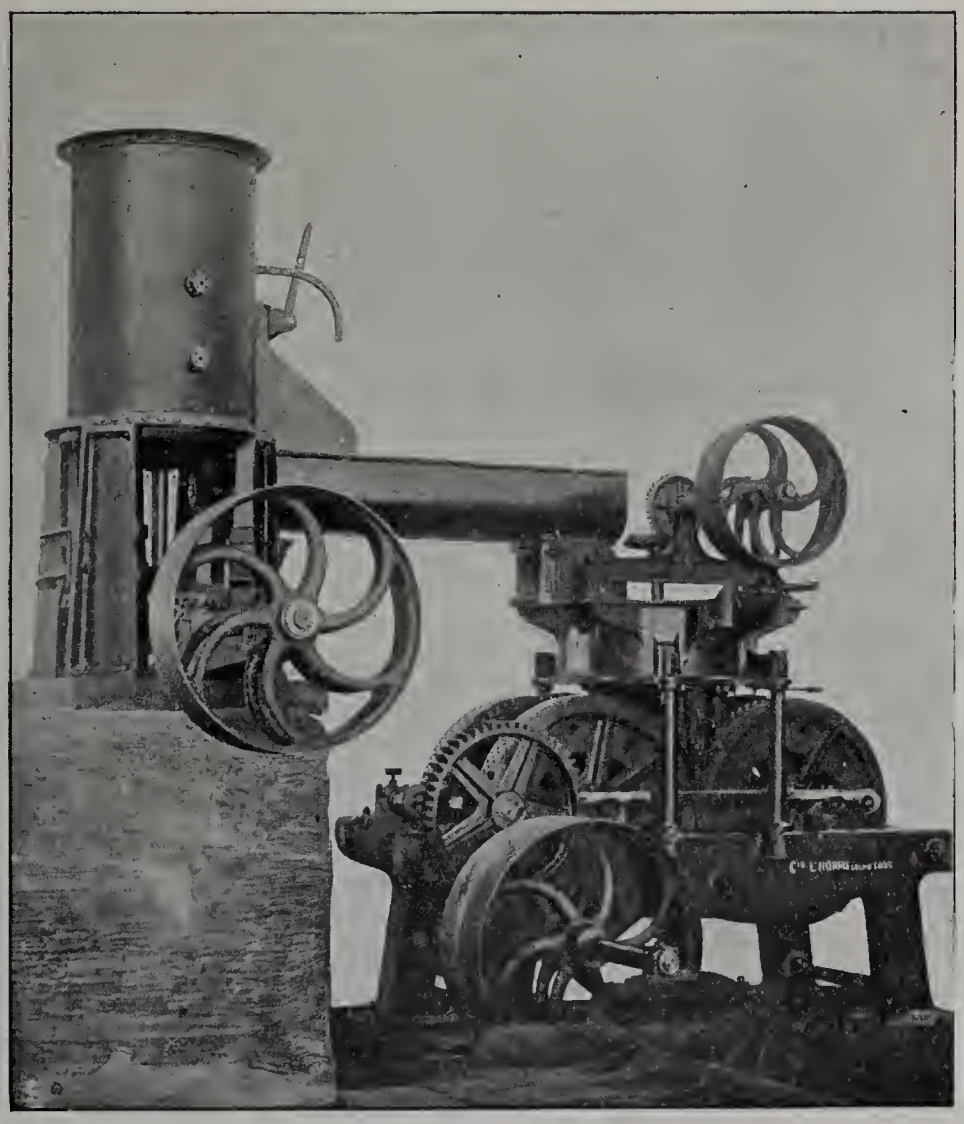


Fig. 290. — Presse à agglomérés ovoïdes de L'Horme et La Buire.

possible de charbon et de brai) dans les empreintes qui se présentent en face les unes des autres et le transforment en ovoïdes qui se détachent seuls des rouleaux après leur passage à la génératrice de contact.

L'arrivée de la pâte aux roues à alvéoles se fait par un distributeur alimentant un couloir à section réglable permettant de faire varier la quantité de pâte suivant l'état et la nature du mélange. La disposition de ce couloir, obtenue à la suite d'expériences répétées, donne actuellement toute satisfaction.

L'ensemble des roues, du distributeur, des couloirs et des organes de commande est

porté par deux solides bâtis en fonte, parfaitement entretoisés et assurant à la machine une grande rigidité.

Pour équilibrer la machine, les roues à empreintes ont été divisées en deux groupes placés près des supports de leurs arbres, laissant entre eux l'emplacement des engre-

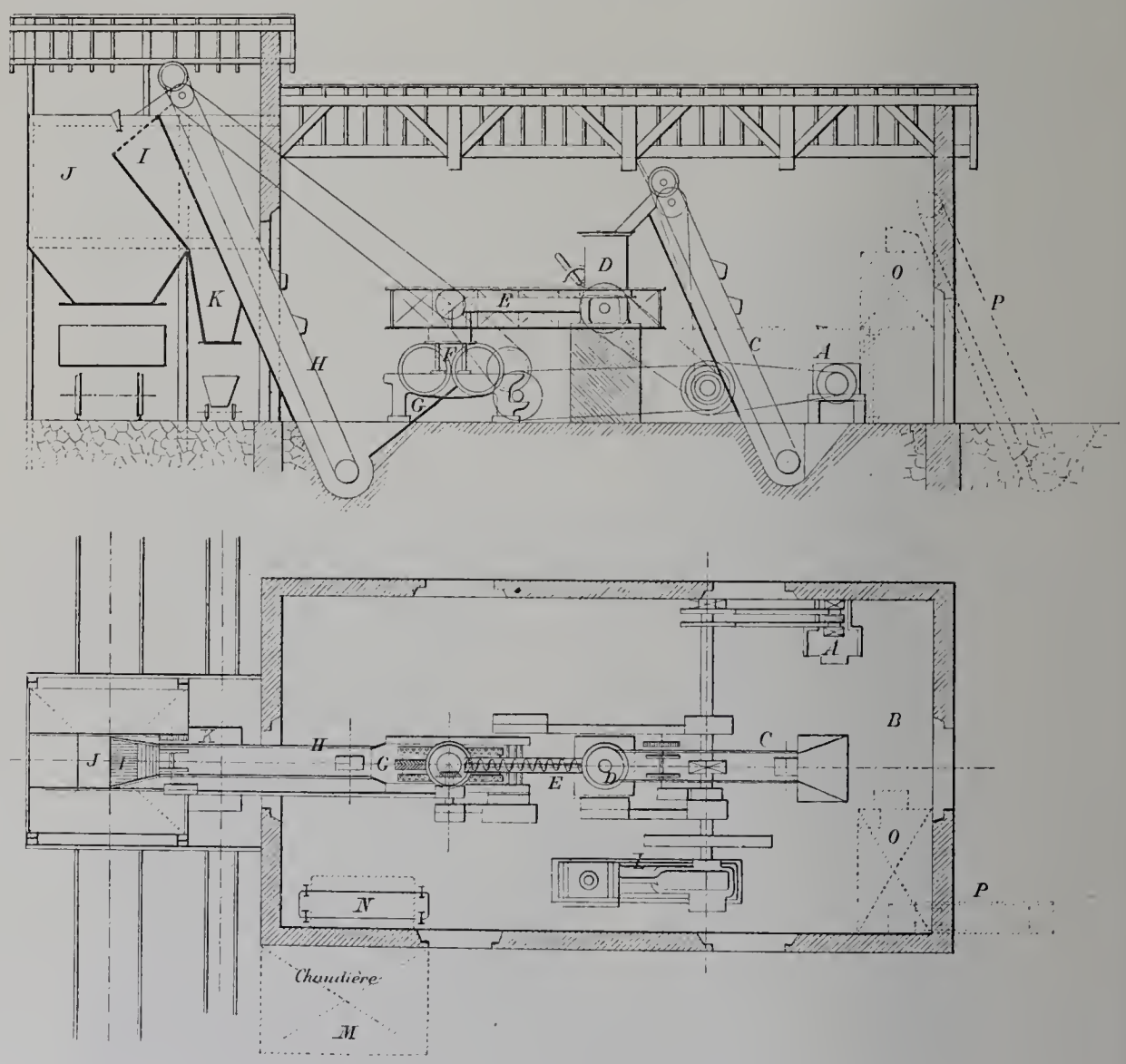


Fig. 291. — Installation d'une usine à agglomérés ovoïdes (L'Horme et La Buire).

A. Broyeur à brai.
B. Emplacement pour le dosage et le mélange.
C. Chaîne à godets montant le mélange au malaxeur.
D. Malaxeur à vapeur.
E. Vis transporteuse.
F. Presse à ovoïdes et son distributeur.
G. Couloir conduisant les ovoïdes à la chaîne.
H. Chaîne à godets élevant les ovoïdes.
I. Grille criblant les déchets.
J. Trémie pour les ovoïdes.
K. Trémie pour les déchets.
L. Moteur à vapeur et poulies de commande.
M. Chaudière.
N. Surchauffeur de vapeur.
O. Four sécheur.
P. Chaîne montant le charbon au four.

nages de commande, et permettant au besoin la fabrication simultanée, avec la même pâte, de deux dimensions d'ovoïdes suivant la grandeur des alvéoles taillées dans chaque paire de roues à empreintes.

Actuellement les roues à empreintes de ces machines sont constituées par un corps en fonte garni extérieurement d'une frette en acier dur dans laquelle sont taillées les alvéoles ou empreintes, facilement remplaçable après usure.

La figure 291 montre la disposition d'un atelier d'agglomérés par ce système.

La légende accolée la rend suffisamment claire pour rendre inutile un plus long exposé.

CHAPITRE XV.

FOURS À COKE. — FABRICATION DU COKE.

Depuis que la fabrication du coke a été installée en grand dans les mines pour satisfaire aux besoins des usines métallurgiques, on s'est préoccupé de l'utilisation des gaz combustibles qui se dégagent des cornues ou des fours. Ces gaz sont riches en hydrocarbures et en oxyde de carbone combustible; dans les anciens systèmes de fours, ils se dégageaient librement dans l'air, et l'on perdait ainsi une partie importante des éléments combustibles contenus dans la houille.

On a d'abord dirigé ces gaz, après leur captation, dans une conduite spéciale, qui les a amenés sous des batteries de chaudières. Leur combustion y produisait de la vapeur qu'on utilisait alors pour les besoins de la mine.

Plus récemment, on a cherché à retirer de ces gaz, avant leur combustion, les hydrocarbures divers qu'ils contiennent à leur sortie des fours. C'est cette récupération des sous-produits qui est actuellement adoptée dans toutes les nouvelles installations et qui donne l'utilisation la plus complète des gaz.

A leur sortie des fours ces gaz se rendent dans une usine spéciale où ils déposent les hydrocarbures et produits divers qu'ils contiennent, goudron, ammoniaque, benzols. Après cette épuration, une partie se rend aux fours à coke, dans lesquels elle produit la distillation par sa combustion. L'autre partie disponible peut être utilisée de diverses façons. On peut alimenter avec elle des batteries de chaudières; on peut aussi l'utiliser dans des moteurs à gaz; nous verrons plus loin les résultats donnés par ce dernier emploi.

Trois types de fours à récupération des sous-produits ont été présentés à l'Exposition. Ils sont d'ailleurs bien connus des usines; ce sont les fours Semet-Solvay, Coppée et Collin.

Cette récupération est très importante pour les mines. Elle diminue le prix de revient du coke dans une proportion très sensible par l'obtention de ces sous-produits, dont la valeur marchande est réelle. Elle permet en particulier, pour les mines, d'obtenir le brai nécessaire à la fabrication des briquettes, brai pour lequel elles sont souvent tributaires d'autres industries.

Nous aurons aussi à citer ici un procédé intéressant employé par les mines d'Albi pour obtenir un coke résistant et compact avec des charbons à haute teneur en matières volatiles. Dans ce procédé, on opère la compression des charbons pendant leur distillation. Quoique cette méthode soit encore à son début, elle a déjà donné des résultats précieux, qui méritent de retenir l'attention des exploitants dont les charbons, contenant beaucoup de matières volatiles, ne permettent pas l'obtention du coke métallurgique.

Fours à coke à récupération, système Semet-Solvay.

Les installations de ce genre ont pour but principal de cokéfier la houille sans introduction d'air dans les fours et par la combustion seule des gaz dégagés par la distillation, après avoir retiré de ces gaz tous les hydrocarbures condensables et l'ammoniaque qu'ils renferment. Une partie des gaz, non utilisée dans les fours, est employée à chauffer des chaudières par leur combustion dans des foyers appropriés. Ces gaz peuvent aussi être employés directement dans des moteurs à gaz.

Une installation Semet-Solvay est disposée de la façon suivante :

Charbons. — Le charbon, amené par voitures ou par wagons, est élevé par une chaîne à godet et distribué au-dessus de broyeurs qui le réduisent à la grosseur voulue. Il est ensuite repris par une seconde chaîne à godet et versé dans des trémies servant au chargement des wagonnets des fours. Ces wagonnets se meuvent sur des rails placés sur la partie supérieure des fours. Amenés d'abord en dessous des trémies où ils sont remplis, ils sont ensuite conduits aux divers trous de chargement des fours dans lesquels ils se vident.

Fours. — Les fours sont disposés côte à côte en batterie et en assez grande quantité. Le nombre de fours par batterie a en effet une influence assez considérable sur la qualité et la régularité de composition des gaz. La construction d'une batterie comprend un certain nombre de piédroits qui séparent les fours les uns des autres, et qui ont 0 m. 40 à 0 m. 60 d'épaisseur. Ils sont réunis à la partie supérieure par une série de voûtes assez épaisses (1 m. 20) pour éviter le refroidissement de ce côté. A l'intérieur des chambres ainsi formées sont disposés, contre chaque paroi, les carneaux de combustion des gaz. Ces carneaux sont constitués par une série de pièces creuses en terre réfractaire, s'emboîtant les unes dans les autres par des joints simples et suffisamment étanches. Il y a trois étages de rangées de carneaux communiquant deux à deux aux extrémités du four et formant une conduite unique pour le gaz serpentant du haut vers le bas. (Voir fig. 292.)

Ces diverses pièces, simplement emboîtées, sont facilement retirées et remplacées en cas d'avarie et ne nécessitent aucune démolition des massifs.

Elles ont une épaisseur faible de paroi (0 m. 07) permise par leur construction même et très favorable à la transmission de la chaleur.

Entre les deux séries de carneaux se trouve la chambre même du four, dont les dimensions varient suivant la production exigée, mais dont la largeur est fixée par la nature du charbon à traiter [0 m. 36 pour charbon à faible teneur en matières volatiles (15,5 p. 100 à 17 p. 100) et 0 m. 50 pour les charbons riches en gaz (25 p. 100 et au delà)].

Le four normal a pour hauteur 1 m. 70 et pour longueur 9 mètres.

La voûte supérieure est percée de trous de chargement par lesquels la houille est versée à l'intérieur.

Ces fours sont fermés à leurs extrémités par des portes faciles à manœuvrer au moyen de glissières et de treuils, et qui sont lutées après le chargement.

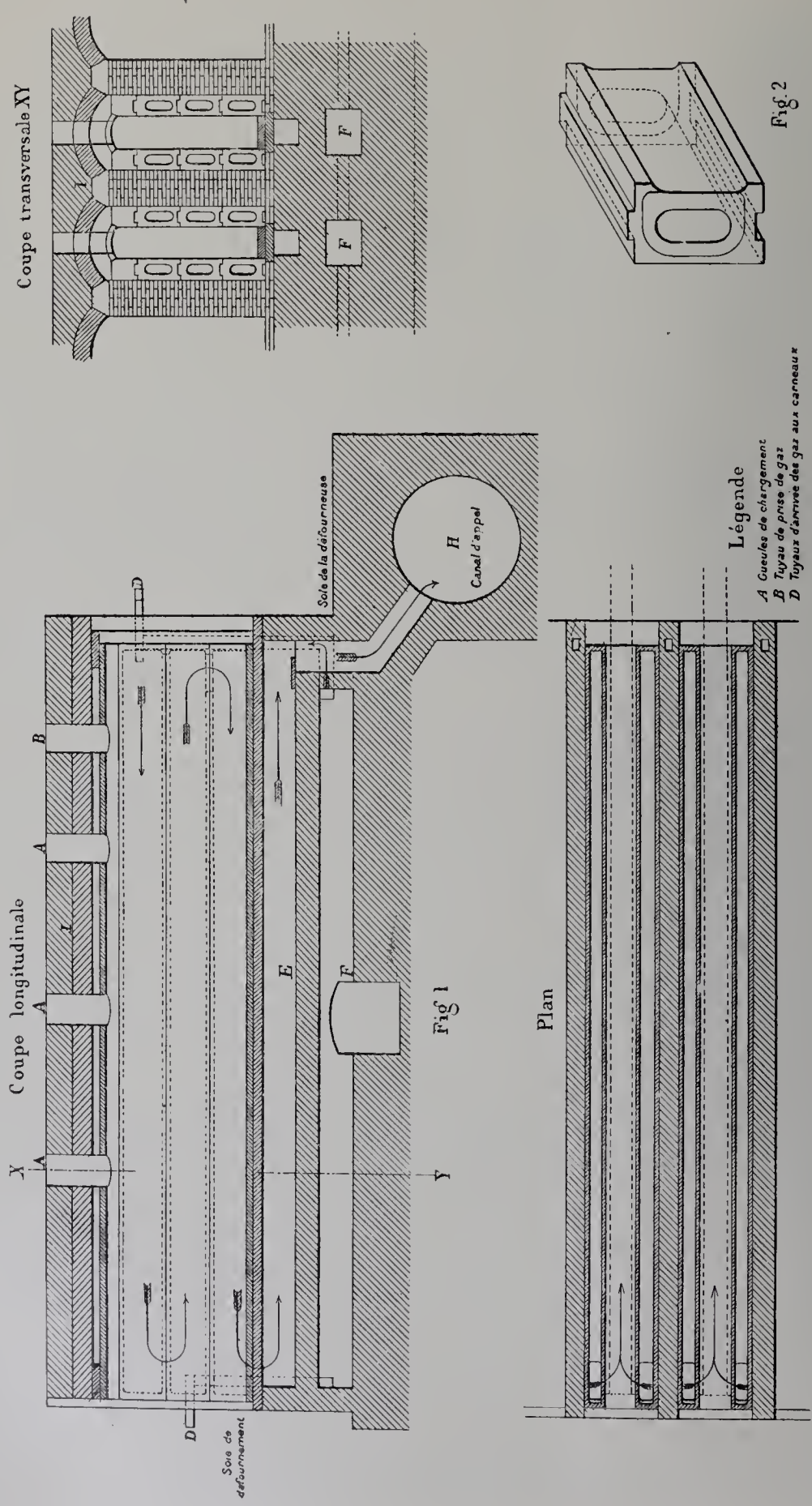


Fig. 292. — Fours à coke à récupération des sous-produits, système Semet-Solvay.

La marche des fours se fait de la façon suivante :

Les gaz arrivent à une conduite de distribution et de là à des ouvertures par lesquelles ils s'introduisent dans la partie supérieure des carneaux. L'air nécessaire à leur combustion débouche dans les mêmes ouvertures et se mélange à eux. Une seconde entrée de gaz et d'air a lieu dans le carneau du milieu, pour régulariser la chaleur dans toute la hauteur du four.

Les gaz brûlés se rassemblent dans le bas dans des carneaux placés en dessous de la sole réfractaire de chaque four, à laquelle ils transmettent encore une partie de leur chaleur.

L'air qui alimente les carneaux à gaz, avant d'être distribué aux ouvertures de combustion, parcourt des conduites spéciales placées en dessous des carneaux d'échappement dont nous venons de parler et récupère ainsi une grande partie de la chaleur qui tend à se perdre dans le sol. Cet air est ainsi porté à 200 ou 300 degrés.

L'admission du gaz et de l'air est naturellement réglée par des registres. Il semble donc, par cette construction, que la chaleur soit utilisée d'une façon très rationnelle dans le four par l'emploi de parois minces, d'une part, et par l'échauffement de l'air d'appel, d'autre part.

Les gaz qui s'échappent des carneaux centraux ont encore une température assez élevée que l'on utilise en les faisant passer dans des générateurs de vapeur à grande surface de chauffe; ils sortent de là dans la cheminée.

Gaz. — Les gaz de la distillation de la houille sont réunis à leur sortie du four dans un barillet d'eau froide, où le brai se dépose. Une conduite les mène de là dans des condenseurs métalliques où l'on recueille l'ammoniaque et les goudrons. Ils sont ensuite refoulés par des extracteurs dans des laveurs où ils perdent leurs hydrocarbures divers; ils sont dirigés de là sur les fours où ils sont brûlés dans les carneaux.

Les divers produits ainsi retirés sont l'ammoniaque, les goudrons et les benzols.

Coke. — L'installation Semet-Solvay comporte deux dispositions intéressantes, l'une pour le défournement mécanique, l'autre pour le transport du coke à la sortie du four.

Du côté opposé au défournement se meut, sur une voie de rails parallèle à la batterie, un wagon-treuil à vapeur actionnant un long piston à crémaillère, et pouvant être amené en face de chaque four.

La manœuvre se fait de la façon suivante : les portes sont ouvertes, le wagon-treuil se place dans l'axe du four et le piston à crémaillère, actionné, repousse d'un seul jet tout le bloc de coke de l'autre côté du four.

Ce bloc tombe sur un transporteur métallique sur rails à sole inclinée et disposé de façon à pouvoir s'adapter à la base de chaque four. Le coke s'étale le long de la sole et est facilement éteint à la lance. Le transporteur est mis alors en mouvement et va charger directement les wagons à coke.

Ce système de défourneuse et de transporteur mus à la vapeur ou à l'électricité réduit la main-d'œuvre à son minimum.

Données générales. — Ces fours cokéfient des houilles dont la teneur en matières

volatiles peut s'abaisser de 16 1/2 à 17 p. 100. Cette transformation peut se faire avec un rendement de 70 à 71 p. 100 dans le cas de bons charbons.

Les produits recueillis sont en quantités très variables. On retire en général :

Ammoniaque	7 à 17 kilogr. p^r tonne.
Goudrons	12 50
Benzols	3 10

Les produits définitifs sont livrés au commerce sous forme de benzols à 50 p. 100 ou 90 p. 100, de sulfate d'ammoniaque, d'ammoniaque liquide et de goudrons divers.

Chaque four peut cokéfier 3^t,5 à 4 tonnes de charbon par vingt-quatre heures au minimum, soit environ 1,200 tonnes par an.

Pour augmenter l'effet utile du four et abaisser le prix de revient, on a construit des fours de dimensions plus grandes et dont la capacité de production sera de 1,800 tonnes par an.

Le prix d'installation de ces fours varie entre 10,000 et 12,000 francs *par four*, avec tous les dispositifs de récupération.

En dehors de la récupération même des divers produits, un des côtés intéressants de ces installations est la quantité de gaz produits, qui, même dans le cas de houilles contenant peu de matières volatiles, est supérieure à celle qui est nécessaire pour le chauffage des fours.

Le quart au moins de ces gaz reste disponible. Il peut donc servir à chauffer des chaudières par sa combustion ou, mieux encore, servir à actionner directement des moteurs à gaz. C'est là une utilisation très intéressante et qui peut rendre les plus grands services dans les hauts fourneaux ou les mines qui utilisent ces fours à coke.

Les établissements Cockerill ont fait en grand des expériences à Seraing sur l'emploi direct de ce gaz dans les moteurs à explosion à quatre temps, genre Delamare-Deboutteville. Des types successifs de 8 HP, de 50 HP ont été établis; nous croyons même que le dernier modèle a été établi pour 550 HP et avec des résultats satisfaisants. La dépense en gaz serait au maximum de 800 litres par cheval-heure pour les petites forces.

Nous notons cette utilisation en raison de l'importance très considérable que cette question possède aujourd'hui, et des recherches nombreuses qui ont été dirigées depuis quelques années sur les moteurs à gaz pauvre pouvant utiliser les gaz des fours et des hauts fourneaux.

Un calcul intéressant peut faire ressortir la valeur de cette application; en effet, une batterie de 25 fours traite 115 tonnes par vingt-quatre heures, et produit, d'après les résultats obtenus par MM. Solvay et Cie, 40,000 mètres cubes sur lesquels 10,000 sont disponibles. Avec la dépense de gaz indiquée ci-dessus, ceci représente une puissance de :

$$\frac{10,000}{24 \times 0,8} = 520 \text{ HP}.$$

Ce gaz possède en général un pouvoir calorifique de 4,500 calories. Si nous l'employons dans des chaudières, en admettant un rendement de 66 p. 100 et l'utilisation

de la vapeur dans un moteur consommant 6 kilogrammes de vapeur par cheval, nous aurons :

$$\frac{10,000 \times 0,66 \times 4,500}{650 \times 24 \times 6} = 316 \text{ HP au maximum.}$$

Soit 65 p. 100 de la puissance donnée par l'utilisation directe du gaz.

Fours à coke à récupération des sous-produits, système Evence Coppée.

Ce système de fours faisait partie de l'exposition des charbonnages de Ressaix, Leval, Péronnes et Sainte-Aldegonde à Resaix. Les caractéristiques générales de ce système sont les suivantes :

1° Marche possible avec ou sans récupération de sous-produits, à volonté.

2° Conservation des carneaux verticaux et de la disposition des anciens fours Coppée.

3° Les gaz sont introduits principalement dans les parties basses du four de façon à maintenir dans ces régions la température la plus élevée, et à empêcher la chaleur des parties supérieures de s'élever assez pour décomposer les huiles légères contenues dans les gaz qui se dégagent des charbons enfournés.

4° L'admission de gaz et d'air peut se faire par plusieurs endroits facilement accessibles de façon à avoir une température aussi uniforme que possible dans toute la longueur du four.

5° Enfin l'admission du gaz et celle de l'air peuvent être réglées séparément à volonté aussi bien sur le devant que sur l'arrière des fours.

Ceci posé, la marche de ces fours est la suivante (voir figure 293) :

1. *Marche sans récupération des sous-produits.* — Les gaz dégagés par les charbons enfournés sortent de la partie supérieure du four par six ouvertures K, arrivent dans les quatre chambres *p*, d'où ils descendent dans le pied-droit par quatre ouvertures L et deux ouvertures *j*.

Les gaz sortant des deux ouvertures L ménagées à la moitié avant du four descendent dans le pied-droit par quatre carneaux verticaux *n, o, q, r,* passent sous la sole du four pour la chauffer et remontent dans le pied-droit par quatre carneaux verticaux *d, e, f, g*.

Dans la moitié arrière du four, les gaz sortant des deux ouvertures L ménagées dans cette partie, descendent par quatre carneaux verticaux *n, o, q, r* dans la partie supérieure de la chambre *w*, passent par le registre *d* dans la partie inférieure de cette chambre d'où ils remontent directement dans le pied-droit par quatre carneaux également verticaux *d, e, f, g*.

Les gaz sortant des deux ouvertures *j* se mélangent séparément pour chaque moitié avant et arrière du four avec les gaz remontant dans le pied-droit par les huit carneaux verticaux *d, e, f, g,* dont il vient d'être parlé : le mélange des deux parties de gaz (L et *j*) descend par six carneaux verticaux *s, t, u,* pour passer sous la partie arrière de la sole en la chauffant; de là, il se rend, toujours séparément pour chaque moitié avant et ar-

IMPRIMERIE NATIONALE.

rière du four, aux carneaux *v* munis de deux registres, puis dans le canal collecteur C et à la cheminée verticale.

Les deux registres placés sur les carneaux *v* sont destinés à régler le tirage dans les carneaux, l'un pour les gaz et l'air introduits à l'avant, l'autre pour le gaz et l'air introduits à l'arrière.

Cette disposition générale a pour but d'uniformiser autant que possible la température dans toute la longueur du four.

2. *Marche avec récupération des sous-produits.* — Pour passer de la première marche à celle-ci, on ferme toutes les ouvertures K par des registres qui empêchent les gaz de passer dans les pieds-droits et les forcent à s'échapper par des conduites en tôle et fonte placées sur le dessus des fours, qui les mènent aux appareils de condensation.

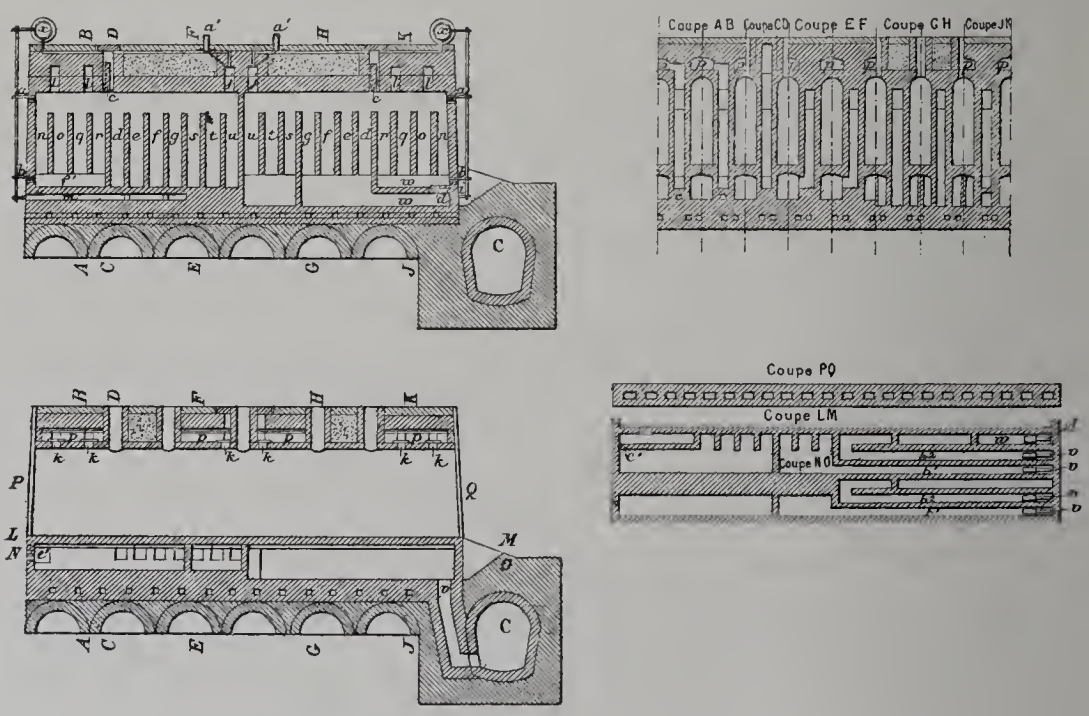


Fig. 293. — Fours à coke à récupération des sous-produits, système E. Coppée.

De ces appareils ils reviennent par des conduites spéciales (tuyaux distributeurs *x*) placés sur les fours. Sur ces conduites sont greffées des conduites verticales qui permettent de faire des prises de gaz à chaque four en *a, b, j, i,* pour l'introduire dans des carneaux à l'avant, à l'arrière et au-dessus des fours en quantités variables réglées par des robinets.

Ces prises de gaz peuvent se faire avec deux circulations différentes :

1° Les registres C sont fermés.

L'introduction d'une faible partie de gaz ainsi que de l'air nécessaire à sa combustion se fait en *a*.

Dans la moitié avant des fours, les gaz descendent par quatre carneaux *n, o, q, r*, et passent sous la sole par l'ouverture *c*, où ces gaz rencontrent les gaz introduits directement sous la sole par l'ouverture *i*.

Ensemble, et après avoir pris une quantité suffisante d'air amené dans ces parties par un carneau *m*, ces gaz remontent les carneaux verticaux *d*, *e*, *f*, *g*.

Dans le carneau horizontal surmontant dans cette partie du four les carneaux verticaux, ils rencontrent une nouvelle quantité de gaz et d'air frais introduits par l'ouverture *j* : l'air y est distribué par la cuvette *a*. Le mélange gazeux introduit par *a*, *i*, *j* descend par les carneaux verticaux *s*, *t*, *u* dans le carneau *b*, sous la sole, puis par le carneau muni d'un registre régulateur dans le grand canal collecteur, puis à la cheminée.

Dans la moitié arrière du four, les gaz introduits en *o* descendent par quatre carneaux verticaux *n*, *o*, *q*, *r* dans la partie supérieure de la chambre *w* divisée en deux par une cloison horizontale.

A l'extrémité de cette chambre, ces gaz descendent par l'ouverture *d* dans la partie inférieure de la chambre *w*, où ils rencontrent les gaz introduits en *i* dans cette partie inférieure : ils remontent ensemble dans le pied-droit par quatre carneaux *d*, *e*, *f*, *g*. Dans la partie supérieure et horizontale des pieds-droits, ils se mélangent avec les gaz introduits en *j*. Ce mélange descend par trois carneaux *s*, *t*, *u*, passe sous la sole dans le carneau b_2 et de là se rend dans le canal collecteur par le carneau *v* muni d'un registre de réglage, puis de là à la cheminée verticale.

2° Les registres C sont relevés.

L'introduction des gaz et de l'air de combustion se fait à l'avant des fours en *b*, dans la chambre *f* à la partie inférieure du pied-droit.

Les gaz remontent par quatre carneaux *n*, *o*, *q*, *r*, longent la partie supérieure du pied-droit au-dessus des carneaux verticaux, rencontrent les gaz introduits en *i* qui remontent par quatre carneaux verticaux *d*, *e*, *f*, *g*, après avoir reçu l'air nécessaire à leur combustion par le canal *m*.

Le mélange des gaz *b* et *i* rencontre les gaz introduits en *j*, ayant reçu l'air de combustion par la cuvette *a*.

Le mélange des gaz *b*, *i* et *j* redescend par trois carneaux verticaux *s*, *t*, *u*, passe sous la sole, de là au carneau *v* muni d'un registre de réglage, au canal collecteur C et à la cheminée verticale.

A l'arrière des fours, les gaz sont introduits en *b* sous le pied-droit dans la partie supérieure du carneau *w*, le registre étant maintenu sur l'ouverture *d*. En même temps que l'air de combustion les gaz remontent par les quatre carneaux verticaux *n*, *o*, *p*, *r*, et longent la partie supérieure du pied-droit au-dessus des carneaux verticaux.

Les gaz introduits en *i* avec leur air de combustion passent dans la partie inférieure de la chambre *w*, remontent par quatre carneaux *d*, *e*, *f*, *g*, jusqu'à leur rencontre qui se fait à la partie supérieure du pied-droit.

Le mélange des gaz *b* et *i* rencontre alors le gaz et l'air introduits en *j*.

Le nouveau mélange des gaz *b*, *i* et *j* descend par trois carneaux verticaux *s*, *t*, *u*, passe sous la sole et de là au carneau *v*, muni d'un registre de réglage au canal collecteur C et à la cheminée verticale.

Ces deux variétés de marche des gaz permettent de régler d'une façon convenable la

température le long des fours. On voit de plus que de toute façon les gaz passent en combustion sous la sole des fours entretenant dans ces parties inférieures la température voulue.

M. Coppée a conservé dans ce type de fours les carneaux verticaux de son ancien modèle. Il considère, avec l'expérience acquise par ces derniers, que l'étanchéité est plus sûre et la solidité plus considérable qu'avec les carneaux horizontaux. L'encombrement général du four avec ses carneaux serait aussi plus faible.

Dans tous les cas, ce type est intéressant par ses dispositions générales qui sont relativement simples et permettent de marcher à volonté avec ou sans récupération et de régler la température d'une façon pratique.

Ce type installé à Ressaix a donné les résultats suivants :

Teneur moyenne en matières volatiles des charbons	19 p. 100
Production du four en 24 heures	4,200 kilogr.
Goudron obtenu	2 p. 100
Sulfate d'ammoniaque	0.96
Ammoniaque restant dans le gaz retournant aux fours	0.02 à 0.04

Naturellement les chaleurs perdues peuvent être utilisées pour la production de vapeur. Les gaz qui ont servi à chauffer les fours à sous-produits sortent des carneaux à 1,000 à 1,200 degrés. On évalue environ que, par tonne de coke produite, on peut produire une quantité de vapeur capable de donner 3 HP.

Les chiffres moyens obtenus ont été les suivants :

Fours ordinaires, 1 kilogramme de houille produit	1kil28 de vapeur.
Fours Coppée, 1 kilogramme de houille produit	1 43
Fours Coppée avec récupération des sous-produits, 1 kilogramme de houille produit	1 00

(teneur moyenne : 20 à 22 p. 100 de matières volatiles.)

La production de ces fours se monte en moyenne à 4,000 kilogrammes par vingt-quatre heures Elle varie naturellement suivant la nature des charbons traités.

Avec des charbons renfermant plus de 19 à 20 p. 100 de matières volatiles, on peut disposer d'un excédent de gaz qui peut s'évaluer à environ 100 mètres cubes par tonne de coke produite (avec des charbons à 25 p. 100 de matières volatiles), soit 400 mètres cubes par vingt-quatre heures et par four produisant 4 tonnes de coke. Ces gaz peuvent être employés dans des moteurs à gaz.

Fours à coke à récupération, système Collin (Charbonnages de Marihaye).

L'installation de fours à récupération, système Collin, des charbonnages de Marihaye, comporte deux massifs accolés, se composant chacun de 18 fours.

Les gaz y circulent d'abord dans des pieds-droits à carneaux verticaux et horizontaux,

se rendent ensuite sous la sole et arrivent enfin à un collecteur général qui les conduit sous les générateurs à vapeur (fig. 294).

Les pieds-droits sont formés de cornues à minces parois avec joints étanches. L'air nécessaire à la combustion des gaz a été préalablement chauffé par son passage dans de petits canaux situés sous les soles; il est amené dans les cornues par de petits conduits verticaux ménagés dans les faces des pieds-droits. Les gaz, dégagés pendant la calcination, se rendent d'abord dans un barillet, puis vont aux ateliers de récupération, d'où ils reviennent ensuite pour être introduits par de petites tuyères dans les carneaux où ils se brûlent au contact de l'air chaud qu'ils y rencontrent. On peut régler les entrées d'air, de manière à produire une combustion parfaite de ceux-ci, au

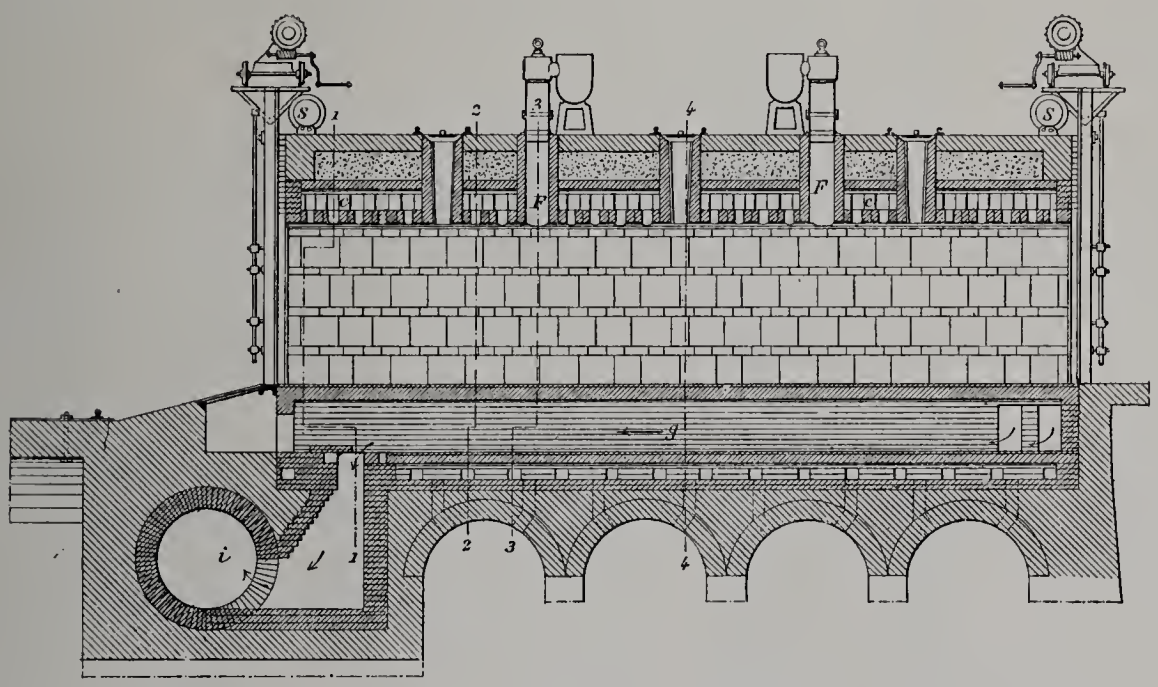


Fig. 294 — Fours à coke, système Collin, à récupération des sous-produits (Charbonnages de Marihaye).

moyen de registres, qui permettent d'augmenter ou de diminuer l'appel de l'air suivant les variations atmosphériques.

Les gaz sont introduits dans les carneaux de manière à être brûlés d'une façon uniforme, pour éviter en certains endroits des combustions trop violentes, qui pourraient occasionner la fusion des briques, et pour répartir également la chaleur sur toute la longueur du four.

Le chargement d'un four se fait par trois trémies pratiquées dans la voûte; chaque four reçoit une charge de 5 tonnes en charbon, qui donne 4,200 kilogrammes de coke après une cuisson de vingt-quatre heures. Le coke est bien cuit et très dur. La calcination se faisant en vase clos, il y a des précautions à prendre pour empêcher les rentrées d'air dans les fours et dans les conduites de gaz, surtout au moment du défournement et de l'enfournement du four.

Récupération des sous-produits (fig. 295). — Les gaz, sortant des fours par deux tuyaux

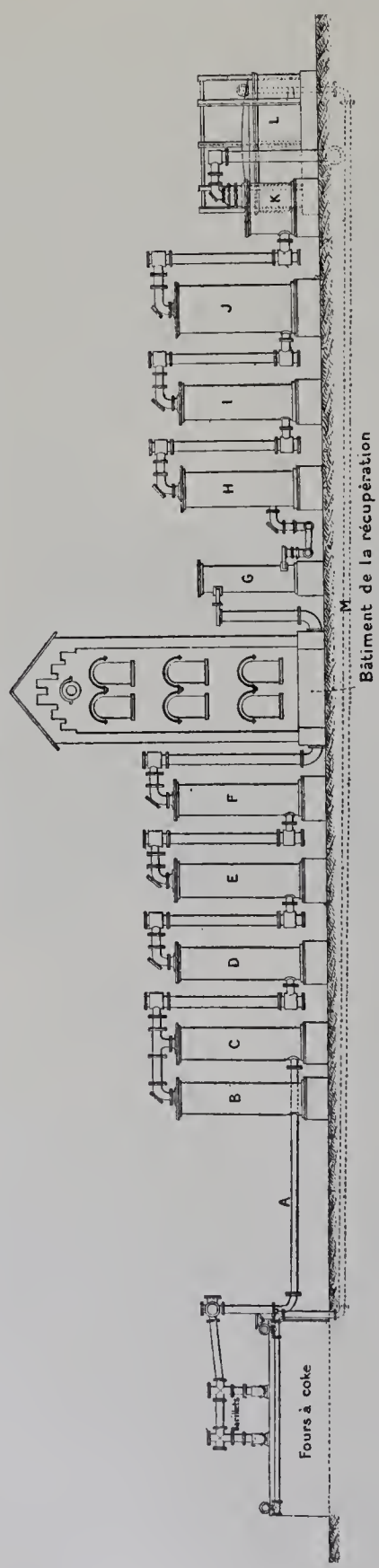


Fig. 295. — Disposition générale des fours à coke, du bâtiment de la récupération et des appareils pour l'épuration et la distillation du gaz, système Collin (Charbonnages de Marihaye).

ménagés au-dessus des voûtes, sont amenés dans les barillets, où ils se débarrassent d'abord des goudrons lourds qu'ils contenaient. Ils se rendent ensuite par la colonne A dans les épurateurs B et C, qui sont des refroidisseurs à air, où les premières parcelles de goudron, les vapeurs ammoniacales se condensent, et où les poussières de charbon entraînées se déposent. De là ils se rendent dans trois condenseurs D, E et F, condenseurs à surface et à circulation d'eau froide, où ils abandonnent une grande quantité de goudron et d'eau ammoniacale faible.

Des aspirateurs aspirent alors les gaz et les renvoient dans un refroidisseur à circulation d'eau froide G, dans des « schrubbers » à claies de bois H et I et des laveurs à benzine J et K.

Les « schrubbers » recueillent les eaux ammoniacales fortes, par contact direct d'eau froide avec le gaz. De la même façon, les laveurs à benzine lavent les gaz au moyen d'huile. Les différents éléments de lavage doivent être amenés à la température la plus basse possible, sans cependant arriver en dessous de 12 degrés, parce qu'alors les gaz restants laisseraient déposer de la naphtaline dans les conduites.

Après son passage dans ces différents appareils, le gaz est ramené aux fours où il est brûlé.

Le goudron et les eaux ammoniacales sont recueillis au bas des appareils dans des récipients qui sont en communication avec de grandes citernes, placées dans les fondations. Celles-ci, qui servent de réservoirs-magasins, servent aussi à séparer le goudron des eaux ammoniacales faibles par différence de densité. Des pompes spéciales viennent y puiser ces produits et les refoulent jusque dans des réservoirs en tôle, placés à la partie supérieure des bâtiments (fig. 296), d'où on les dirige sur les ateliers de rectification. Les eaux ammoniacales fortes y sont alors soumises à l'action de la vapeur et de la chaux vive, dans des appareils distillateurs. Le gaz ammoniac volatilisé s'échappe à la partie supérieure, tandis que les eaux dépouillées

d'ammoniaque sortent par la partie inférieure. Le gaz ammoniac est ensuite amené au contact de l'acide sulfurique où il se transforme en sulfate d'ammoniaque qu'on vend dans le commerce.

Le goudron, séparé des eaux ammoniacales par différence de densité, est amené au moyen de pompes dans de grands réservoirs, où on le laisse déposer de manière à en séparer l'eau entraînée. De là on l'envoie dans des wagons-citernes pour l'expédition.

L'huile légère saturée de benzol provenant des laveurs à benzine est recueillie d'abord dans un réservoir en tôle situé au bas de ceux-ci, puis aspirée par une pompe qui la refoule jusqu'à un réservoir placé à une certaine hauteur dans le bâtiment; elle se rend ensuite à l'atelier de distillation où elle est dépouillée de son benzol, en deux opérations successives, au moyen du chauffage à la vapeur. Le produit obtenu en dernier lieu est vendu dans le commerce sous le nom de «benzol à 90 p. 100».

Les charbons de Marihaye, qui contiennent 18 à 20 p. 100 de matières volatiles, donnent, après distillation : 2 1/2 p. 100 de goudron, 1 1/2 p. 100 de sulfate d'ammoniaque et 1/2 p. 100 de benzol. Ils proviennent des couches situées au sud de la faille de Seraing, qui traverse tout le bassin de Liège.

Fabrication du coke comprimé.

La Société des mines d'Albi exposait un procédé de fabrication, en usage dans ses établissements, permettant d'obtenir avec des charbons à haute teneur en matières volatiles un coke plus résistant et plus compact que celui que donnent les procédés ordinaires. Par ce procédé le coke est rendu apte à être employé dans les usines métallurgiques.

On obtient ce résultat par une compression convenable opérée sur les charbons après le chargement des fours à coke.

Les charbons d'Albi contiennent en moyenne 38 p. 100 de matières volatiles, et le coke obtenu primitivement était classé parmi les cokes un peu tendres et spongieux. Il a été déjà amélioré par l'augmentation de la hauteur des charges dans les fours, et ensuite par le procédé de compression imaginé par M. Grand, directeur des mines d'Albi.

Ce système réalise la compression dans les fours mêmes.

L'appareil employé (fig. 297) comprend une série de 5 dames en fonte pesant 275 kilogrammes. Elles sont introduites par les trous de chargement dans le four, aussitôt après que la charge a été réglée. Les dames ont comme dimensions : largeur 0 m. 45 ; longueur, 0 m. 48 ; épaisseur, 0 m. 15. Elles se manœuvrent simultanément au moyen d'un arbre de couche portant 5 tambours à rainures spiraloïdes sur lesquels s'enroulent les chaînes de suspension.

Le treuil qui commande l'arbre de couche peut être débrayé et les dames sont alors retenues par un frein. Lorsqu'on le desserre, elles tombent librement.

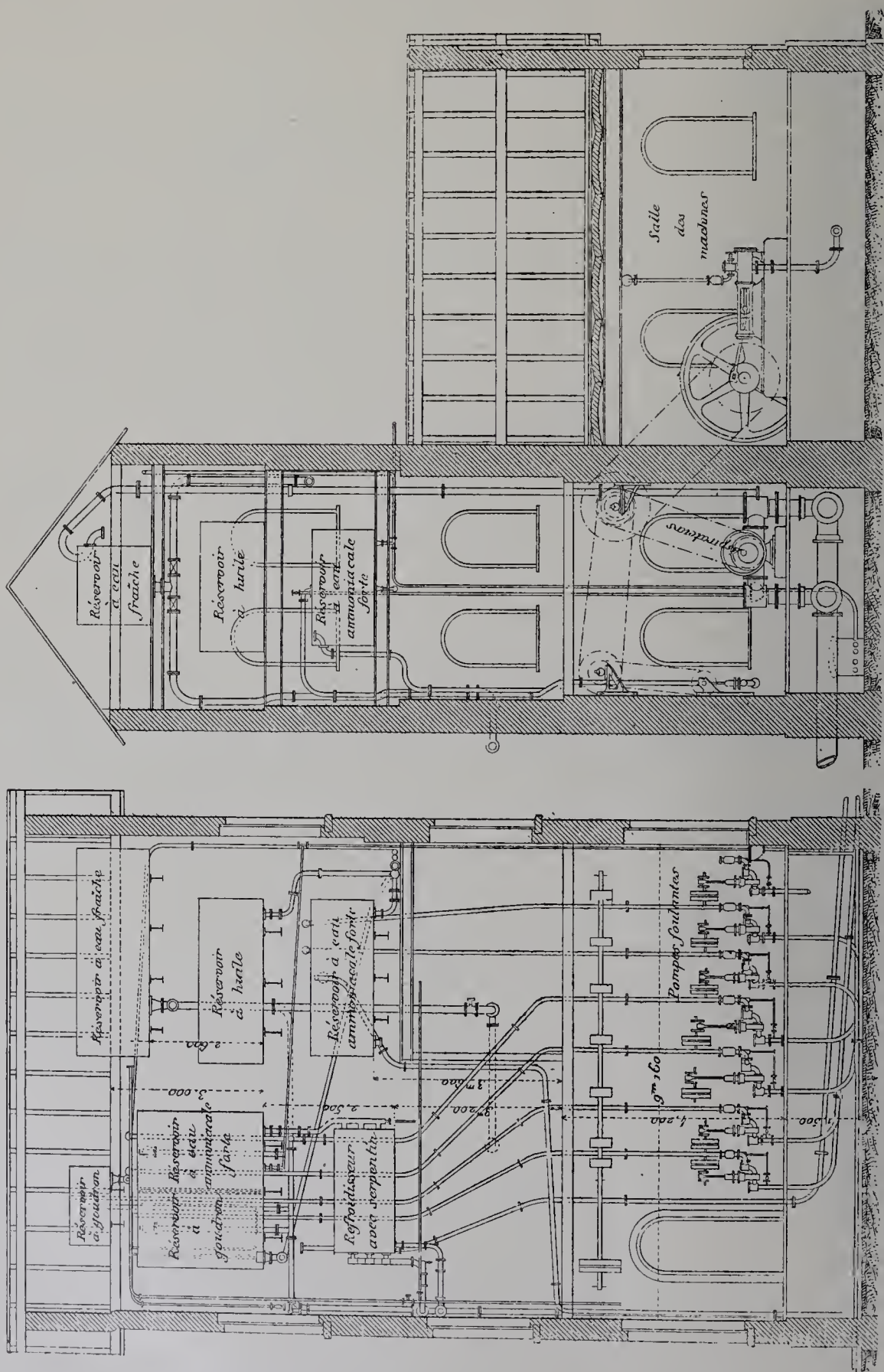


Fig. 296. — Coupes générales de l'usine à récupération de sous-produits des Charbonnages de Marihaye.

On peut faire varier la hauteur de chute de 0 m. 40 à 0.

Pour obtenir la compression dans les parties comprises entre deux dames contiguës, on leur donne les positions 2 et 3 (fig. 297). Ces positions des tiges sont obtenues par le déplacement de la barre AB sur laquelle sont montées 5 paires de galets qui guident les tiges dans leur glissement.

Le point de suspension ne pouvant que se mouvoir verticalement, l'inclinaison augmente pendant la chute.

L'ensemble de l'appareil constitue un pont roulant du poids de 12,500 kilogrammes.

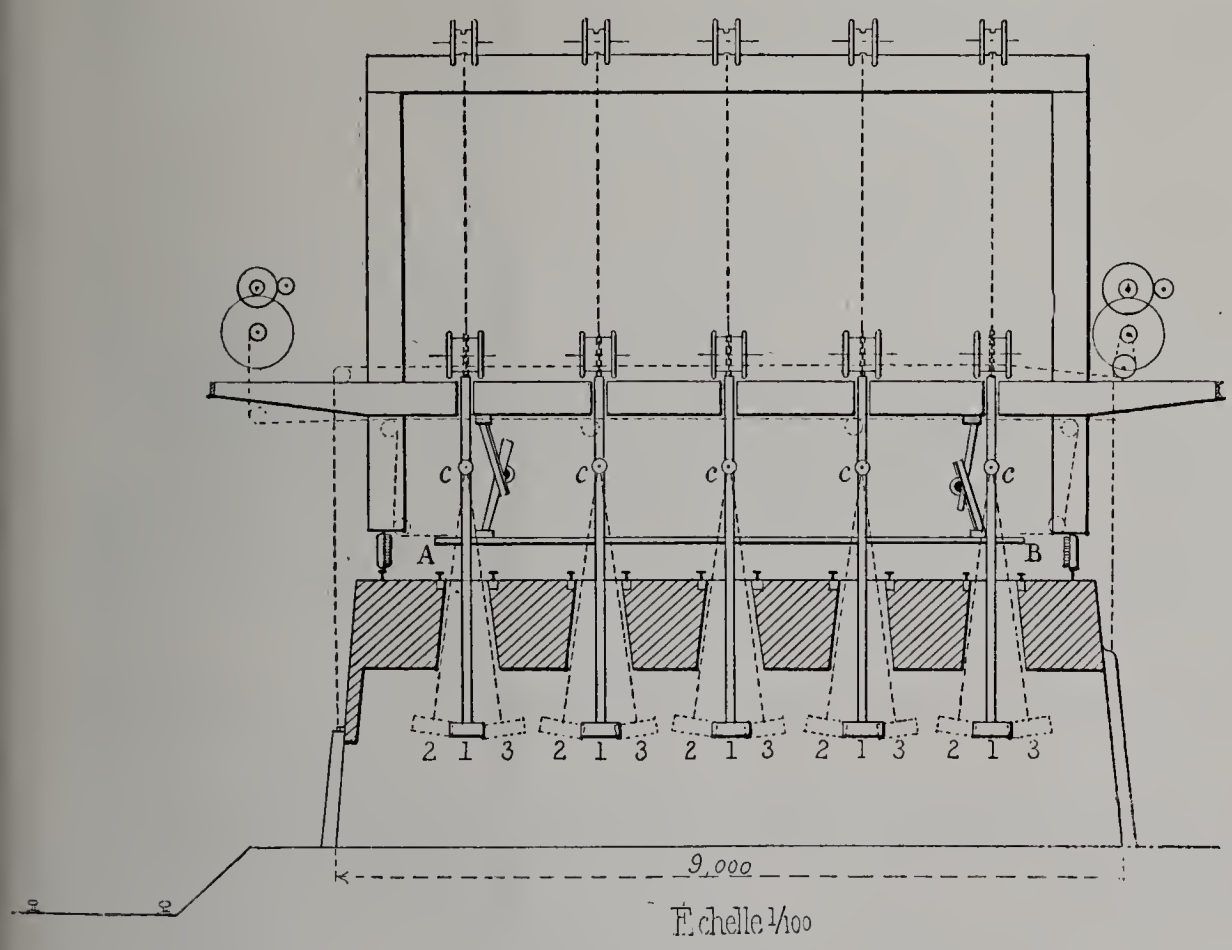


Fig. 297. — Procédé de compression du coke pendant la distillation (Mines d'Albi).

Il est muni de 4 treuils permettant la manœuvre des pilons, leur déplacement pour obtenir l'inclinaison, le soulèvement des portes et enfin le déplacement de l'appareil sur la batterie.

Les dames relevées, les wagons peuvent circuler sur les fours.

Pratiquement, si le premier coup de dame est assez énergique, il est suffisant. Ce résultat peut toujours être obtenu en augmentant son poids. Dans ces conditions, la compression de la charge exige cinq minutes. Si l'on donne deux coups, pour chaque position, il faut dix minutes.

La charge s'abaisse de 0 m. 15 pour un coup de pilon et de 0 m. 17 pour deux,

celle-ci ayant 1 m. 30 avant la compression. On a été conduit à diminuer de 0 m. 20 la hauteur de la charge qui, primitivement, était de 1 m. 50, afin d'obtenir une cuisson complète et une meilleure compression.

Les dames ayant 0 m. 15 de moins de largeur que les fours, il reste un vide de 0 m. 07 à 0 m. 08 entre la paroi et la dame. Cela ne présente d'ailleurs aucun inconvénient : car si l'on examine un bloc de coke tendre, on remarque que la partie la plus dense est celle qui se trouve dans le voisinage immédiat de la paroi, et la plus spongieuse, celle qui correspond au milieu du four. C'est donc là que la compacité doit être augmentée et qu'il faut comprimer.

La dame agissant à une certaine distance des parois, celles-ci ne subissent que très peu la réaction produite par les coups de pilon et la solidité du four n'en souffre pas.

Les ouvriers de manœuvre des treuils sont placés sur des plates-formes extérieures aux fours et ne sont pas incommodés par la fumée ou les flammes.

Pour se rendre compte de la diminution de porosité, on a fait un grand nombre d'expériences portant sur des cokes comprimés et non comprimés provenant de divers points du four.

Ces échantillons, de même poids, sont desséchés à fond à l'étuve et pesés; ils sont ensuite immergés dans l'eau où ils restent pendant cinq heures, puis pesés à nouveau. On admet alors que la porosité est sensiblement proportionnelle à la quantité d'eau absorbée pendant le même temps. La moyenne a donné :

Absorption du coke comprimé (5 heures)	11.24 p. 100
Absorption du coke non comprimé	15.50 p. 100

Les porosités sont donc dans le rapport de $\frac{15.50}{11.24}$ ou de $\frac{1.38}{1.00}$.

Cet appareil est des plus simples et peu coûteux. Celui des mines d'Albi peut desservir une batterie de 24 fours carbonisant chacun 5 tonnes de fines toutes les quarante-huit heures.

Défourneuse électrique des mines de Carmaux (courant triphasé).

Dans ce type de défourneuse (fig. 298) adopté par les mines de Carmaux, le bouclier à crémaillère, généralement manœuvré à bras ou plus souvent par un moteur à vapeur, est ici actionné par un moteur électrique.

Un triple train d'engrenage commande le pignon de la crémaillère. Un manchon monté sur l'un des arbres du train permet de débrayer le mouvement de la crémaillère et d'embrayer le pignon d'un engrenage conique qui, par l'intermédiaire d'une chaîne galle, fait tourner les roues porteuses et détermine le déplacement du système.

Le moteur électrique à courant triphasé peut se mouvoir dans les deux sens par le

INSTALLATIONS ELECTRIQUES

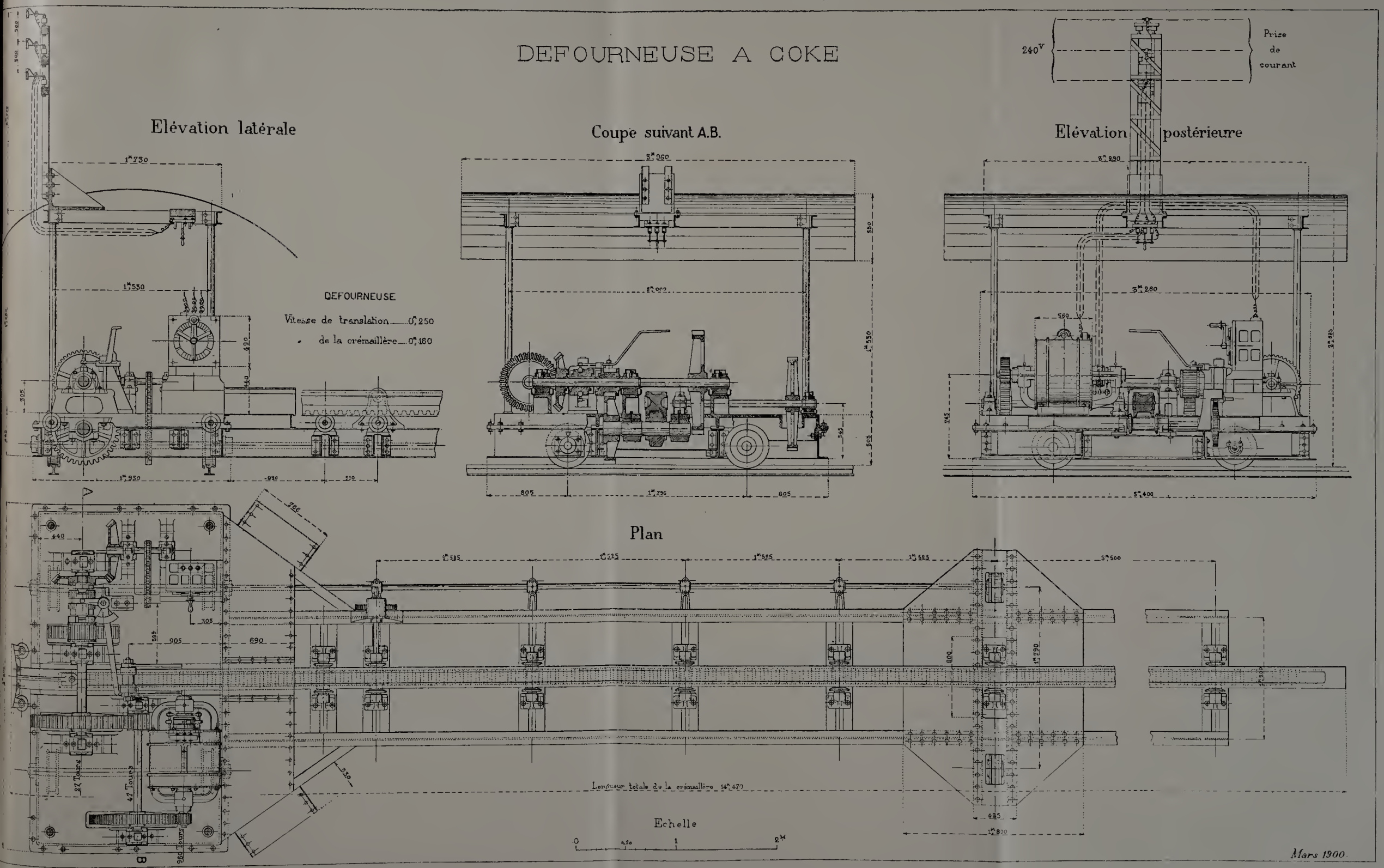


Fig. 298. — Défourneuse électrique des mines de Carmaux.

C. F. E.

jeu d'un commutateur qui modifie l'ordre d'arrivée des courants aux bornes de l'électromoteur.

La prise de courant se fait à l'aide de frotteurs sur les trois fils de ligne qui reposent simplement sur des isolateurs portés par des consoles fixées aux cheminées des fours.

Cette défourneuse suffit, depuis 1897, à desservir 114 fours sans avoir jamais occasionné le moindre retard dans le service.

CHAPITRE XVI.

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LES MINES.

La première installation électrique dans les mines fut faite en 1880 aux houillères de Blanzy. Depuis ce moment, nombre d'installations nouvelles ont été réalisées et si, en 1889, l'exposition minière fut sobre en cette matière, il n'en a pas été de même en 1900 où on a pu constater, dans presque toutes les branches de l'exploitation minière, des applications diverses de ce nouveau mode de transmission de l'énergie, non seulement aux appareils munis de moteurs autrefois mus par la vapeur, l'eau ou l'air comprimé et à l'éclairage, mais encore aux appareils divers, tels que signaux et exploseurs de mines.

Laissant de côté les seconds, dont nous avons parlé dans les différents chapitres précédents, nous traiterons ici des premiers, relevant de la transmission de l'énergie électrique comme force motrice.

Dès que les premiers résultats obtenus par l'utilisation de l'énergie électrique dans les installations industrielles furent connus et que l'expérience de ce nouveau mode de transmission de force se fut peu à peu développée, l'attention des exploitants de mines et des constructeurs fut vivement attirée sur les avantages marqués d'économie et de commodité que l'on constatait chaque jour.

L'exploitation des mines, en effet, est une de celles qui emploient, dans la plus large mesure, la transmission de l'énergie à distance et pour lesquelles l'économie du rendement de cette transmission a le plus d'importance.

Presque tous les services du fond et du jour relèvent de l'emploi de la force motrice, dont le prix a donc une influence considérable sur le prix de revient.

Tant que la question économique ne s'est pas posée d'une façon absolument urgente, on s'est contenté d'étudier un peu de loin et de surveiller le nouveau mode de transmission qui venait de recevoir une consécration pratique par son emploi dans l'industrie.

Mais, depuis quelques années, par les difficultés rencontrées chaque jour plus nombreuses dans l'exploitation, par l'éloignement de plus en plus considérable des chantiers du centre de production de la force motrice (approfondissement et développement de l'exploitation), enfin par les sacrifices de plus en plus nécessaires pour les institutions de prévoyance et surtout par l'élévation progressive du prix de la main-d'œuvre, les exploitants furent obligés de se préoccuper sérieusement de la question du prix de revient et leur attention se porta, avec un nouvel intérêt, sur l'électricité.

C'est de ce moment que datent les installations vraiment intéressantes de l'électricité dans les mines. Toutefois, comme nous le verrons, leur développement ne fut pas aussi rapide qu'on aurait pu le croire; cela tient aux conditions très complexes qu'exi-

gent des installations de ce genre dans les mines, particulièrement au point de vue de la sécurité.

Les exploitants disposaient jusqu'alors, pour le transport de la force aux moteurs des différents services du fond et du jour, de la vapeur, de l'eau et de l'air comprimé.

Or, avec ces trois agents de transmission, l'éloignement et la dispersion des moteurs entraînent des déperditions importantes d'énergie. De plus, chacun d'eux possède des inconvénients particuliers dont on doit tenir compte chaque fois que la question de leur emploi se pose.

La vapeur exige des moteurs pourvus d'accessoires encombrants. Les chambres souterraines renfermant les appareils doivent avoir des dimensions souvent très grandes. D'autre part, elle entretient dans les puits et dans les chambres une chaleur humide très préjudiciable à plusieurs points de vue. Dans les chambres cette chaleur peut produire des mouvements de terrains dangereux pour les maçonneries; dans les puits, jointe à l'humidité, elle est très nuisible à la conservation des guidages, surtout lorsque ceux-ci sont en bois; de plus, les conduites placées le long des parois sont encombrantes, coûteuses, et leurs enveloppes calorifuges demandent un entretien onéreux. Un autre grave inconvénient de la chaleur dégagée par ces conduites est de gêner l'aérage, quelque fois même d'une façon dangereuse. Enfin, au point de vue du rendement, les condensations qui se produisent, dans une mesure d'autant plus grande que l'étendue des canalisations est plus considérable, absorbent une partie sensible de la puissance émise par les chaudières. Ces condensations sont rendues plus importantes encore lorsque les conduites desservent un chantier dont les moteurs ont une marche intermittente. Les pertes de cette nature ont fait écarter maintes fois la vapeur du service des pompeuses dont le fonctionnement ne devait pas être continu. Les pertes dans les canalisations de vapeur sont souvent de 20 p. 100 de la puissance émise, et quelquefois s'élèvent à 40 p. 100 du fait des condensations.

La transmission hydraulique donne un rendement analogue à celui de la vapeur. Les moteurs qu'elle dessert ont l'avantage précieux, dans certains cas, de pouvoir fonctionner immergés dans les galeries ou puits inondés; ils ont un bon rendement, mais ce système de transmission est très coûteux, les conduites sont délicates à établir, et les fuites sont difficiles à éviter. D'autre part, ce procédé ne se prête guère à la division et à la dispersion du travail. Il est donc peu économique et ne convient pas aux grandes distances.

L'air comprimé, enfin, possède, comme on le sait, un très mauvais rendement. Toutefois, c'est le seul mode de transmission, en raison de sa nature même, que l'on puisse employer pour les travaux éloignés, plus ou moins grisouteux, dans les tailles qu'il contribue aussi à aérer. Il n'y est guère utilisé, d'ailleurs, que pour de faibles puissances, pour des ventilateurs portatifs, des souffleurs Kœrting, des pompes plus ou moins importantes, la perforation, le hâvage et les petits treuils.

L'électricité, au contraire de tous ces modes de transport de force, possède à un haut degré la souplesse, l'adaptation à toutes les distances et à tous les services, et

l'économie de rendement. Elle permet une organisation méthodique et rationnelle de la production et de l'emploi de la force motrice.

La production peut être centralisée dans une installation du jour comprenant les machines à vapeur et les génératrices ainsi que les tableaux de distribution. Cette station centrale peut être placée dans l'endroit le plus favorable pour la production économique de la vapeur et, en particulier, dans le voisinage des fours à coke dont on peut utiliser les chaleurs et les gaz perdus dans les chaudières (mines de Carmaux).

De la station, les canalisations desservent, sans pertes considérables (environ de 5 à 10 p. 100 maximum suivant le voltage adopté), les services du jour et la plus grande partie de ceux du fond, surtout dans le cas de mines peu grisouteuses. On a hésité longtemps et on hésite encore aujourd'hui sur le choix entre le courant continu et le courant alternatif ou polyphasé. Le premier, mieux connu d'ailleurs que le second, a été préféré dans beaucoup de cas; il est plus simple d'application et demande des mesures de protection moins complètes et moins délicates. Toutefois, il a l'inconvénient de convenir moins bien aux grandes distances et d'exiger des moteurs à balais et collecteurs sans lesquels se produisent des étincelles dangereuses pour les milieux grisouteux.

Les courants alternatifs, et en particulier les courants triphasés, sont plus délicats d'application. Ils ont, en revanche, des avantages très marqués, qui les font utiliser de plus en plus, au fur et à mesure qu'il sont mieux connus. Ils permettent un transport à grande distance, avec faibles pertes, par l'emploi de hauts voltages (500 à 5,000 volts), que l'on réduit sur les chantiers au moyen de transformateurs au voltage normal. Les moteurs qu'ils desservent n'ont pas de collecteurs. Certains, comme le moteur Boucherot, par exemple, n'ont ni bagues, ni frotteurs, ni appareils de démarrage (charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune). Toute cause d'étincelles est donc supprimée et l'emploi de tels moteurs est possible dans les mines grisouteuses. Enfin, ces moteurs sont plus robustes que les moteurs à courants continus.

Par les canalisations, dans un cas comme dans l'autre, l'électricité permet de desservir tous les appareils dans tous les services de la mine, même les plus éloignés. De plus, elle a le grand avantage de permettre l'éclairage et la traction électrique, soit directement, soit par l'intermédiaire des accumulateurs (mines de Nœux).

Toutefois, si l'électricité avec tous ces avantages peut être appliquée à tous les services du jour sans difficultés, il n'en est pas de même de ceux du fond qui réclament des dispositions spéciales pour assurer la sécurité de la mine et la régularité du fonctionnement des installations.

D'une façon assez générale, en effet, les appareils et canalisations électriques du fond se trouvent dans des conditions plus ou moins défavorables pour leur conservation. La chaleur et l'humidité des travaux sont particulièrement à craindre; et l'on a dû chercher à préserver de leur action les appareils et les canalisations. Ces inconvénients sont encore beaucoup plus à craindre dans le cas des mines grisouteuses où les courts-circuits peuvent amener de graves accidents. C'est pourquoi on a adopté dans bien des

cas des câbles armés, sous plomb, fixés dans les puits et galeries ou enfouis sous terre de façon à ce qu'ils soient protégés le plus efficacement possible contre les atteintes résultant soit du roulage, soit d'éboulements partiels ou autres causes de détérioration. Certaines dispositions même ont été étudiées pour mettre automatiquement un câble hors circuit lorsque ses enveloppes de sécurité ont été entamées pour une cause quelconque (dispositif Nolet de la Société Cockerill).

D'autre part, comme nous l'avons dit, on a cherché à éviter les étincelles aux moteurs en employant les courants polyphasés et certains types de moteurs qui ne comportent aucun organe de contact ou de démarrage susceptible de donner lieu à des étincelles.

Les mêmes raisons prohibent d'une façon absolue l'emploi du trolley dans toutes les mines grisouteuses et poussièreuses ainsi que l'éclairage direct électrique (tout au moins dans les endroits dangereux).

Ce n'est donc qu'avec une extrême prudence que les applications de l'électricité dans les services du fond des mines grisouteuses peuvent se développer; et malgré les perfectionnements réalisés journellement dans la constitution et l'établissement des canalisations électriques, malgré l'emploi des câbles armés, des moteurs triphasés sans collecteurs ni balais, des interrupteurs noyés dans l'huile, etc., il est des cas où la présence du grisou dans des proportions dangereuses rend ces installations impossibles.

C'est cette question de sécurité, si importante dans les mines qu'elle prime toutes les autres, qui fait rejeter dans beaucoup de cas l'emploi de l'électricité, malgré tous ses avantages, et qui détermine les exploitants à conserver, tout au moins pour le service des tailles grisouteuses, les moteurs à air comprimé.

L'emploi de l'électricité dans les mines est donc intimement lié à la question de sécurité et ne se développera d'une façon complète que le jour où cette question sera résolue.

Quoi qu'il en soit, en mettant à part ce point de vue de sécurité, les avantages de l'électricité peuvent se résumer ainsi :

Concentration de la production de l'énergie;
Distribution facile à longue distance;
Bon rendement dans la production, le transport et la consommation :
Faible encombrement des moteurs et des canalisations;
Faculté de desservir la traction et l'éclairage.

Nous verrons, par l'analyse des installations qui ont figuré à l'Exposition, l'application de toutes ces propriétés.

Toutefois, il est nécessaire de rappeler que ces applications de l'électricité en sont encore à leurs débuts et que les progrès faits chaque jour dans cette branche permettent d'envisager pour l'avenir une utilisation de plus en plus méthodique et complète de cette forme de l'énergie.

Installations électriques des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune (près de Liège).

Une installation électrique a été établie dans ces charbonnages en 1899, pour desservir tous les services des deux sièges (Espérance et Saint-Nicolas), services autres que celui de l'extraction.

Cette installation présente un certain nombre de dispositions intéressantes. C'est la première installation aussi générale de ce genre dans les mines belges.

La station centrale (fig. 299) comprend trois groupes électrogènes de 200 kilowatts chacun. Chaque groupe se compose d'un alternateur triphasé Brown, type volant à induit fixe et inducteur tournant donnant du courant triphasé à 1,000 volts et 44 périodes. L'alternateur est commandé par une machine à vapeur compound jumelle à condensation, à distribution par soupapes Radovanovic. Ces machines donnent 300 HP effectifs à 125 tours; la vapeur est admise à 6 kilogr. 500. La détente du petit cylindre est commandée par un régulateur et celle du grand cylindre est réglable à la main.

Les alternateurs devant marcher en parallèle, chaque machine possède un dispositif spécial au régulateur, qui permet de faire varier la vitesse de 116 à 134 tours pour maintenir le synchronisme des alternateurs.

Ces machines sont installées dans une salle de 28 mètres de long sur 10 m. 50 de large. Les arbres sont placés dans la longueur. Les condenseurs et les pompes à air sont logés dans les fondations. A l'extrémité de la salle se trouve le tableau de distribution placé à 2 mètres du mur du fond.

Entre les fondations des machines et celles des murs extérieurs se trouvent deux larges caniveaux.

L'un d'eux (2 mètres de large et 3 mètres de hauteur) est complètement clos; on peut y descendre par une échelle spéciale. Il contient les canalisations allant des appareils et machines au tableau.

Les câbles à haute tension sont placés sur la paroi verticale, du côté des machines, ceux à basse tension sur la paroi opposée. Cette disposition permet de séparer parfaitement les circuits, de les surveiller et de les entretenir.

Les câbles à haute tension sont isolés au moyen de deux couches de caoutchouc vulcanisé, serrées par une tresse imprégnée, le tout recouvert d'un ruban enduit d'une composition isolante spéciale. Ils sont supportés par des isolateurs-roulettes spéciaux pour haute tension, sur lesquels ils sont fixés par de la ficelle poissée.

Dans le caniveau opposé se trouvent les conduits de vapeur, sécheurs, purgeurs, etc., ainsi que les tuyauteries d'injection d'eau de condensation, d'échappement de la vapeur et de décharge des condenseurs.

L'eau de décharge est conduite dans un canal souterrain dans lequel un ventilateur fait passer un courant d'air rapide. Ce canal contient des appareils refroidisseurs à cas-

cades sur lesquels l'eau de décharge se refroidit; l'eau gagne ensuite le puisard d'aspiration de l'eau d'injection.

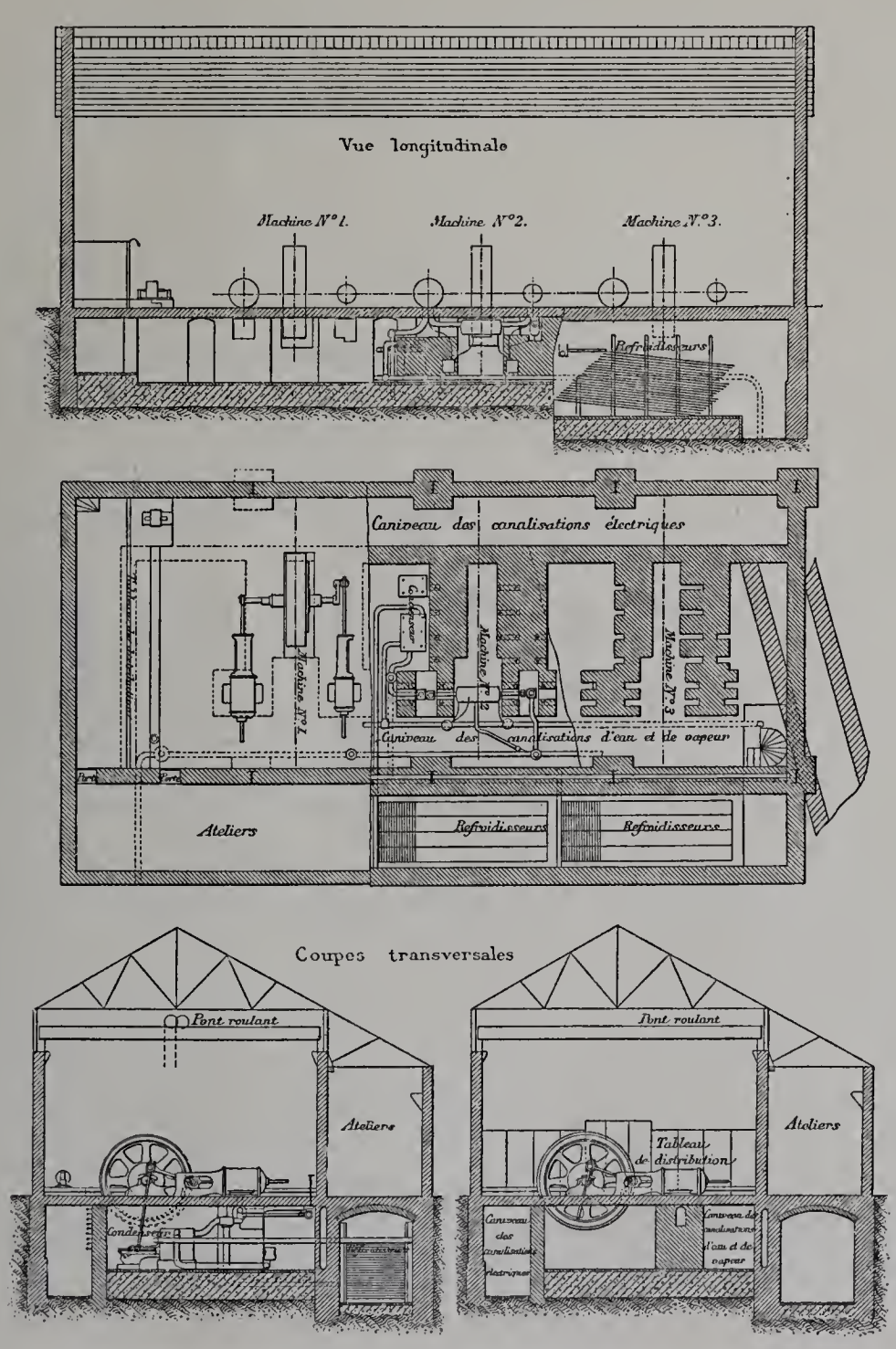


Fig. 299. — Station centrale d'électricité des charbonnages de l'Espérance et de Bonne-Fortune (Belgique).

L'excitation des alternateurs est obtenue au moyen d'un groupe transformateur comprenant un transformateur statique de 30 kilowatts, abaissant le voltage de 1,000 à 87 volts, et une commutatrice tétrapolaire à excitation compound. Celle-ci reçoit le courant triphasé, abaissé à 87 volts par trois bagues, et débite du courant continu à 110 volts.

IMPRIMERIE NATIONALE.

La mise en marche se fait au moyen d'un groupe Carels-Dulait, à courant continu, placé dans la halle, entre les alternateurs 1 et 2. Un alternateur est mis en marche par la dynamo Dulait; on fait alors démarrer la commutatrice comme moteur à courant continu, en lui donnant l'excitation convenable, et, dès que la vitesse de synchronisme est obtenue, on la met en phase avec l'alternateur. On interrompt alors le courant qui a servi au démarrage et on met le circuit d'excitation des alternateurs sur le circuit à courant continu de la commutatrice qui fonctionne alors normalement.

Le tableau de distribution présente tous les appareils nécessaires comprenant, par alternateur, un rhéostat d'excitation, un voltmètre avec transformateur-réducteur, un ampèremètre, un interrupteur tripolaire, deux coupe-circuits unipolaires et deux lampes de phases. Ces lampes sont réunies aux circuits à basse tension des transformateurs-réducteurs de voltmètres avec intercalation d'interrupteurs qui permettent de ne mettre en circuit que les lampes correspondantes pour la mise en phase des alternateurs 1 et 2, 2 et 3 et 1 et 3.

Pour chaque circuit de départ, le tableau porte un interrupteur tripolaire, un ampèremètre et deux compartiments unipolaires.

Les canalisations aériennes extérieures sont en fil nu, monté sur isolateurs triple cloche en porcelaine, avec filet protecteur en dessous. Elles sont munies de parafoudres Würtz.

Le courant est amené aux pompes souterraines des deux sièges par des câbles armés, à trois conducteurs en fil de cuivre étamé de 60 millimètres. Chaque conducteur est isolé par une couche de caoutchouc vulcanisé, d'okonite et par un ruban isolant. Les trois conducteurs sont tordus en spirale, avec interposition de bourrage; le tout est enveloppé de ruban imprégné, d'une gaine de plomb entourée de fil de jute goudronné et enfin d'une armature en fils d'acier galvanisé recouverts de chanvre.

Le câble du siège Espérance est branché directement sur l'interrupteur du tableau de distribution. Celui du siège Nicolas peut être branché à volonté au moyen d'un jeu de cartouches avec coupe-circuit sur l'une ou l'autre des lignes triphasées aériennes qui relient ce siège à la station génératrice, de telle sorte qu'un accident à l'une des deux lignes n'interromprait pas le service de la pompe (fig. 300).

Dans les puits, les câbles sont fixés par des ferrures en fer forgé scellées dans la maçonnerie. A chaque chargeage se trouve un transformateur pour l'éclairage de ce niveau.

Voici le tableau des appareils commandés par l'électricité :

A. — Au siège Espérance.

a. Dans la halle des génératrices :

1° Le transformateur abaisseur et la commutatrice de 30 kilowatts, pour l'excitation des génératrices et l'éclairage du siège Espérance, soit...	40 HP
2° Un transformateur-abaisseur et la commutatrice pour la traction électrique entre les sièges Espérance et Saint-Nicolas.....	50
3° Le moteur de l'atelier de réparations.....	10

b. A l'extérieur dans la paire du siège :

4°	Le moteur du ventilateur	50 HP
5°	Le moteur du triage	50
6°	La pompeuse souterraine	125
7°	L'éclairage des chargeages souterrains	5

B. — Au puits du Plancher.

8°	Le moteur du ventilateur	50

C. — Au siège Saint-Nicolas.

9°	Le 1er moteur du ventilateur	30
10°	Le 2e moteur du ventilateur	50
11°	L'éclairage du siège Saint-Nicolas	10
12°	La pompeuse souterraine	125
13°	L'éclairage des chargeages souterrains	5
	Total	600 HP

Les moteurs 2, 3 et 5 peuvent être arrêtés de nuit et de jour; l'éclairage de la surface des sièges Espérance et Saint-Nicolas ne doit pas être activé, de sorte qu'il suffira d'actionner deux génératrices pour assurer tous les services, d'autant plus que, seuls, les récepteurs 4, 7, 8, 9, 10 et 13 sont à alimenter d'une façon interrompue.

La troisième génératrice sert de réserve pour permettre les réparations nécessaires pour assurer le bon entretien des machines motrices. Un pont roulant qui embrasse toute la halle facilite les montages et les démontages nécessités par ces réparations.

La Société emploie des moteurs Boucherot de 125 HP pour les pompes Espérance et Saint-Nicolas. Ces moteurs asynchrones, par l'absence de bagues, frotteurs et appareils de démarrage, présentent de grands avantages dans les mines à grisou. Ils se composent d'un induit en cage d'écureuil et deux inducteurs montés côte à côte sur le même bâti. Le déplacement angulaire d'un des inducteurs par rapport à l'autre autour de l'axe de l'induit suffit pour déterminer le démarrage de ce dernier avec un couple qui peut atteindre deux fois le couple normal sans que l'intensité du courant ne dépasse une limite dangereuse. Le déplacement de l'inducteur mobile s'opère en agissant sur une vis munie d'un volant, comme pour la mise en marche d'une machine ordinaire. La partie tournante, ayant ses circuits formés de simples barres de cuivre soudées ensemble et ne comportant aucun bobinage, est très robuste. Cette partie du moteur est d'autre part complètement protégée mécaniquement par une enveloppe en tôle perforée prenant appui sur l'inducteur fixe. Le moteur présente ainsi, avec des dimensions faibles relativement à sa puissance, toute la compacité des moteurs à cage d'écureuil et la robustesse indispensable aux appareils de mine.

Les moteurs sont commandés par des interrupteurs tripolaires à rupture, situés dans un bain d'huile; tout danger d'étincelles est donc supprimé.

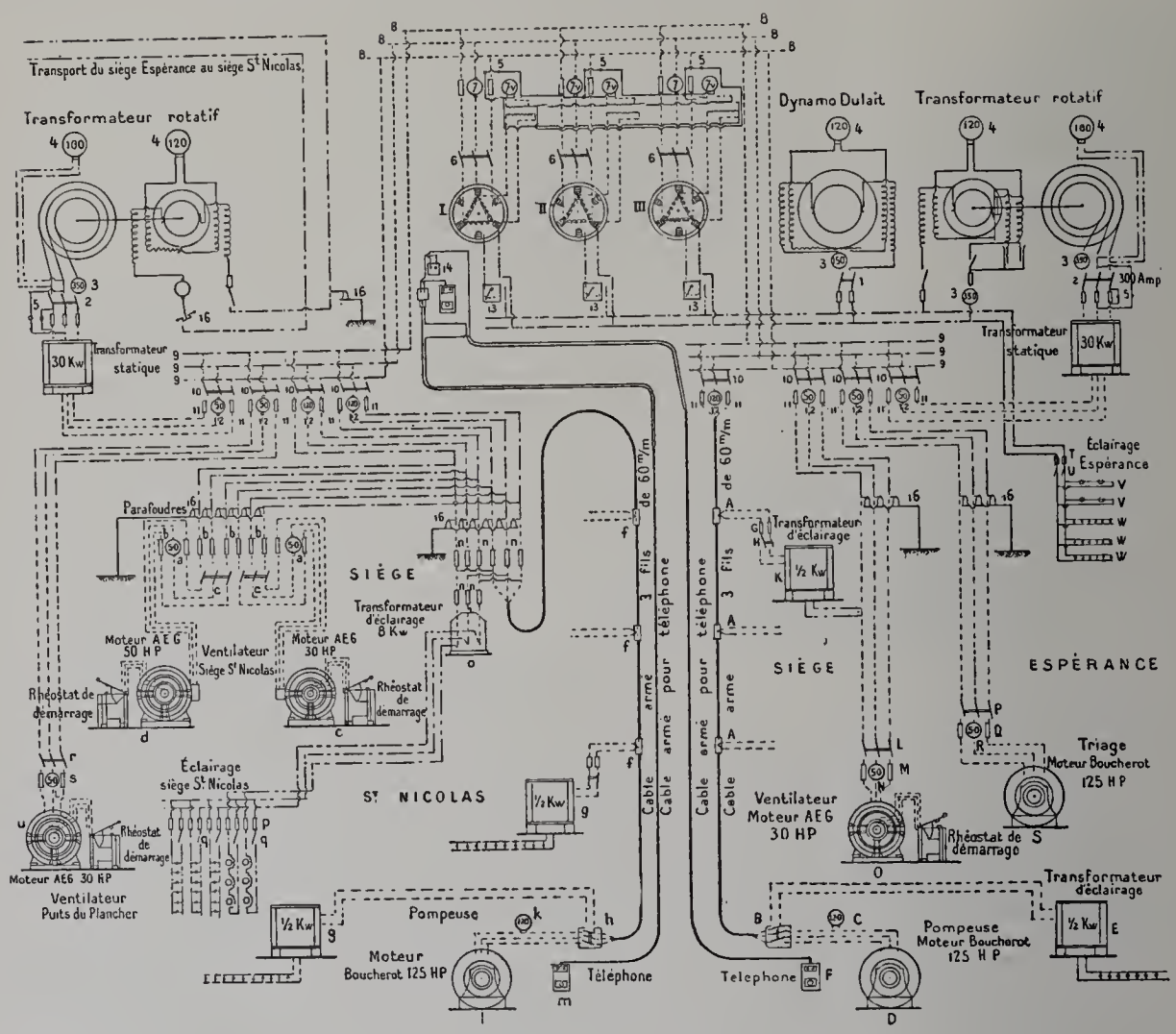


Fig. 300. — Schéma de la distribution électrique dans les charbonnages de l'Espérance et de Bonne-Fortune (Belgique).

STATION GÉNÉRATRICE.

I Génératrice n° 1, 200 Kw.
II Génératrice n° 2, 200 kw.
III Génératrice n° 3, 200 kw.
2 Interrupteurs tripolaires, 300 amp.
3 Ampèremètres, 350 ampères.
4 Voltmètres, 100 et 120 volts.
5 Lampes de phases.
6 Interrupteurs tripolaires, 200 amp.
7 Ampèremètres, 200 ampères.
7' Voltmètres, 1,200 volts.
8 Barres collectrices, 30 × 8 millim.
9 Barres distributrices, 30 × 8 mill.
10 Interrupteurs tripolaires, 200 amp.
11 Coupe-circuits.
12 Ampèremètres, 50 et 120 ampères.
13 Rhéostats d'excitation.
14 Téléphone.
16 Parafoudres.

STATIONS RÉCEPTRICES.

SIÈGE SAINT-NICOLAS.

Ventilateur.

a Ampèremètres, 50 ampères.
b Coupe-circuits.
c Interrupteurs tripolaires, 50 amp.
d Moteur, 50 HP.
e Moteur, 80 HP.

Pompeuse.

f Boîtes de dérivation.
g Transformateurs d'éclairage.
h Interrupteur dans l'huile.
k Ampèremètre, 120 ampères.
l Moteur Boucherot, 125 HP.
m Téléphone.

Éclairage.

n Coupe-circuits.
o Transformateur d'éclairage.
p Coupe-circuits.
q Interrupteurs.

Ventilateur du puits Plancher.

r Interrupteur tripolaire.
s Coupe-circuits.
t Ampèremètre, 50 ampères.
u Moteur, 30 chevaux.

SIÈGE ESPÉRANCE.

Pompeuse.

A Boîtes de dérivation.
B Interrupteur dans l'huile.
C Ampèremètre, 120 ampères.
D Moteur Boucherot, 125 HP.
E Transformateur d'éclairage.

Ventilateur.

L Coupe-circuit tripolaire, 50 amp.
M Interrupteur, 50 ampères.
N Ampèremètre, 50 ampères.
O Moteur, 30 HP.

Triage.

P Interrupteur tripolaire, 50 amp.
Q Coupe-circuit, 50 ampères.
R Ampèremètre, 50 ampères.
S Moteur Boucherot, 30 HP.

Éclairage.

T Coupe-circuit.
U Interrupteur bipolaire.
V Lignes et arcs.
W Lignes d'incandescence.

- - - - - - lignes haute tension isolées.
——— lignes haute tension nues.
—— - - —— lignes basse tension isolées.
— - - — lignes basse tension nues.

Les appareils commandant les moteurs installés à la surface, interrupteurs, coupe-circuits, appareils de mesure, sont connectés et placés sur des dalles de marbre d'après les mêmes principes que ceux qui sont appliqués sur le tableau de distribution de la halle des génératrices.

Les moteurs des ventilateurs sont des moteurs asynchrones à induit enroulé, type D de l'Algemeine Elektricitäts Gesellschaft, avec rhéostat de démarrage liquide et dispositif de mise en court circuit après démarrage. Les autres moteurs sont du système Boucherot.

Station centrale des Mines de la Grand'Combe.

La Compagnie des mines de la Grand'Combe a créé, en 1899, au puits du Pétassas, une station centrale d'électricité pour distribuer la force motrice et l'éclairage dans certaines zones des travaux souterrains et dans les installations de la surface.

Cette station du Pétassas (fig. 301), aujourd'hui beaucoup plus importante, comprenait, en 1900, 600 chevaux de force moyenne, répartis en deux groupes, et actionnait cinq moteurs de pompes, treuil et ventilateur de la division de Champclauson.

Les deux machines à vapeur recevant en marche normale la vapeur à 8 kilogrammes de pression, avec un degré d'admission égal au dixième de leur course, fournissent une force de 300 chevaux chacune.

Ce sont des machines Weyer et Richemond, monocylindriques, à détente Corliss et à condensation. Elles sont munies de volants du poids de 20,000 kilogrammes et de 4 m. 75 de diamètre, pour augmenter leur coefficient de régularité et faciliter le couplage des deux alternateurs, qu'elles commandent respectivement par l'intermédiaire de puissantes courroies de 700 millimètres de largeur, composées de lanières de cuir cousues sur champ.

Les deux alternateurs à courants triphasés, du type Siemens, sont construits par la Société alsacienne de constructions mécaniques à Belfort.

Les courants alternatifs triphasés ont été choisis pour cette distribution, en raison de la diversité des applications à réaliser, à proximité ou à grande distance de la station et dont l'avenir seul peut faire connaître toute la multiplicité.

Les deux alternateurs de cette station électrogène peuvent fournir chacun 240 kilowatts sur un circuit sans self-induction, et 200 kilowatts sur un circuit alimentant des moteurs, comme ce devait être le cas.

Ces deux alternateurs peuvent alimenter des lignes indépendantes, ou être couplés en quantité pour alimenter un même circuit.

Ils sont d'un type à trois paliers; chacun d'eux est muni d'une dynamo excitatrice à courant continu, dont l'inducteur tétrapolaire est fixe et dont l'induit est calé en porte à faux à l'extrémité de l'arbre portant l'inducteur mobile de l'alternateur et la poulie de commande de ce dernier.

Les alternateurs sont fixés sur glissières afin de permettre la tension de leurs cour-

roies motrices, ils sont entourés d'un parquet ciré tandis que la salle est dallée de mosaïque aux abords des machines à vapeur.

Ces deux alternateurs produisent le courant triphasé à la tension de 600 volts.

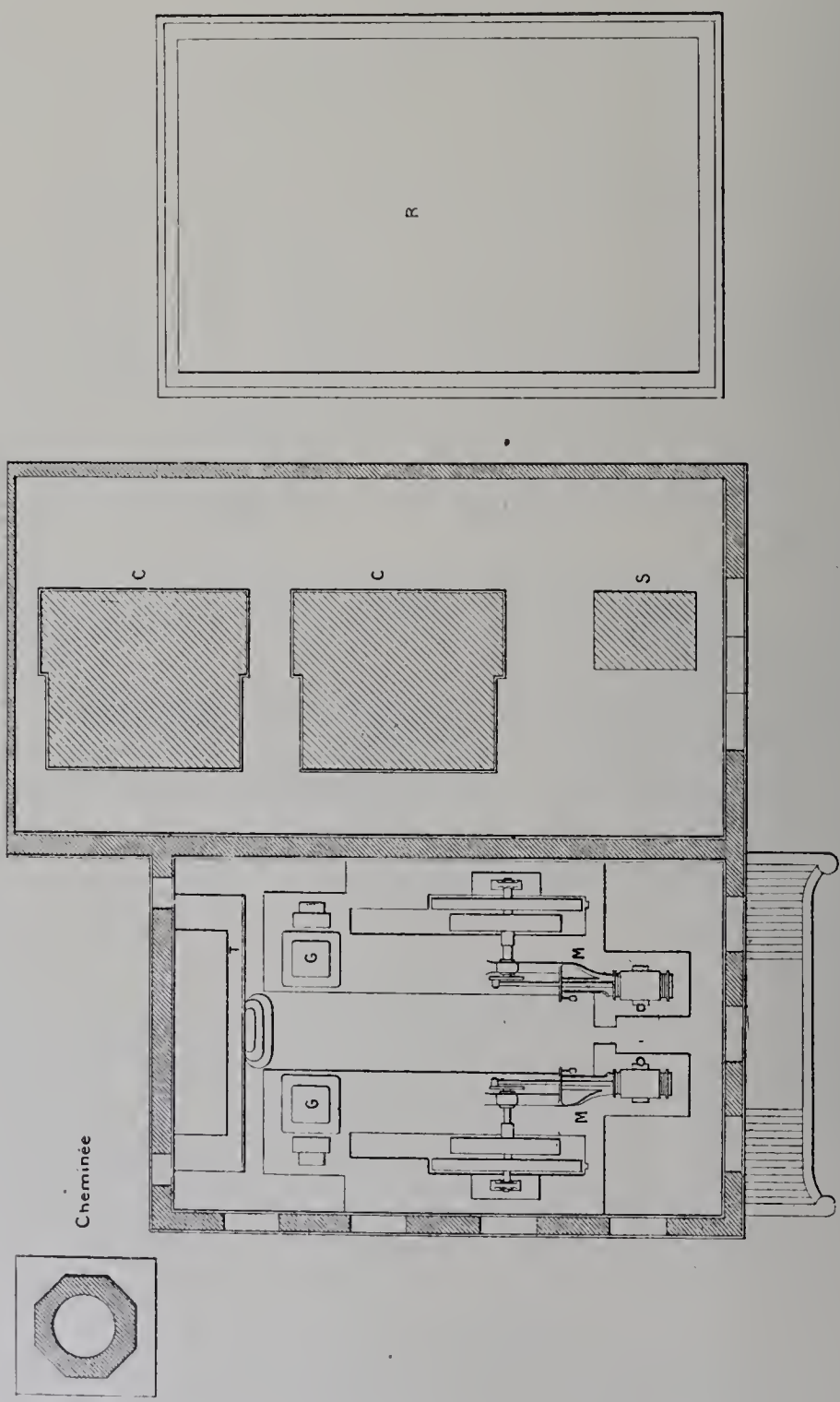


Fig. 301. — Schéma de l'ensemble de la station centrale électrique des mines de la Grand'Combe.

M Machines à vapeur. — G Génératrices. — C Chaudières. — S Surchauffeur. — R Réfrigérant. — T Tableau de distribution.

Comme la tension du courant dans les circuits de distribution est susceptible de varier avec les charges des différents moteurs, on la maintient constante à l'aide de deux régulateurs automatiques de tension, dont le mécanisme à cliquets est commandé par

un petit moteur électrique de 1/10 HP. Ce moteur et ces régulateurs peu encombrants sont placés derrière le tableau de distribution et sur le côté à portée de la main d'un machiniste.

Chaque régulateur automatique se compose d'une résistance de réglage, d'un mécanisme à cliquets et d'un relais. Un volant porte des balais de contact qui frottent sur les touches du rhéostat. Ce volant est constitué par une roue dentée, qui peut être mise en mouvement, dans un sens ou dans l'autre, par les cliquets. Le relais se compose d'un électro-aimant et de plusieurs bobines inductrices. Suivant que les variations de tension ont lieu dans un sens ou dans l'autre, ce relais, en communication avec un galvanomètre à contacts par l'intermédiaire d'une bague interruptrice, agit sur l'appareil à cliquets de manière à déterminer la rotation du volant vers la droite ou vers la gauche.

Ces appareils, d'une grande sensibilité, effectuent le réglage de la tension d'une façon très rapide.

Les conditions de fonctionnement des deux alternateurs sont les suivantes :

Nombre de tours par minute	300
Nombre de périodes par seconde	50
Tension du courant	600 volts.
Intensité du courant débité en pleine charge	275 A
Puissance développée en pleine charge sur le circuit à résistance inductive.	200 kilowatts.

Pour les excitatrices :

Tension	70 volts.
Intensité	70 à 80 ampères.

Le tableau de distribution comporte cinq panneaux; deux correspondent à chacun des alternateurs; un troisième intermédiaire porte les appareils de couplage des alternateurs. Les autres panneaux portent les appareils des circuits de départ.

Le réseau de distribution était en 1900 complètement alimenté directement par les alternateurs à moyenne tension. (Depuis cette époque, trois transformateurs de 150 kilowats élèvent le courant à 5,000 volts et 18 ampères pour alimenter en force motrice le carreau de Champclauson et les puits du Pontil et de la Forêt, ce dernier distant de 4,800 mètres.)

Le réseau de 1900 se composait d'une ligne souterraine et d'une autre aérienne, comme l'indique le croquis ci-joint (fig. 302).

La ligne souterraine du Pétassas est constituée, sur 280 mètres de longueur, par deux câbles triconcentriques de 3×120^{mm2} avec enveloppe en plomb et armature souple en fils d'acier. Ces deux lignes identiques ont été prévues telles que l'une seule d'entre elles puisse servir à l'alimentation des trois moteurs du fond, et cela afin d'éviter tout arrêt dans l'exploitation en cas d'accident à l'une de ces canalisations.

Ces deux lignes descendent parallèlement dans le puits du Pétassas et se terminent dans une boîte de distribution d'où partent trois circuits. Ceux de ces circuits qui alimentent les deux moteurs Pompe et Treuil de 125HP sont constitués chacun d'un seul

câble triconcentrique de 3,120 millimètres carrés, avec enveloppe de plomb et armature en ruban d'acier.

Le troisième circuit alimentant une pompe de 50 HP est constitué sur 500 mètres de longueur d'un câble triconcentrique de 335 millimètres carrés sous plomb avec armature en ruban d'acier.

La ligne aérienne de Palmesalade est formée de trois fils de cuivre nu, de 35 millimètres carrés de section, montés sur poteaux. Cette ligne, qui alimente le moteur de

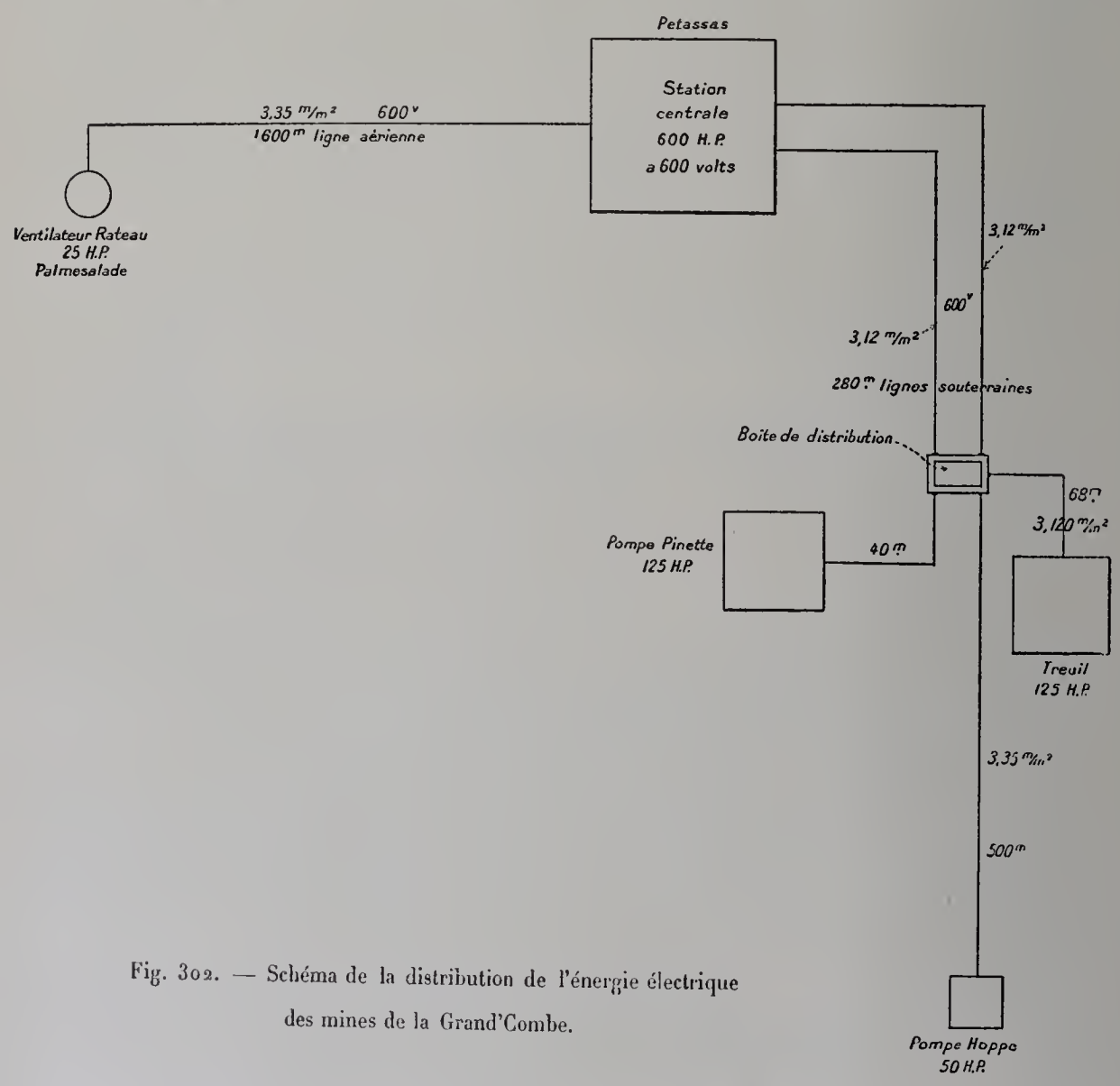


Fig. 302. — Schéma de la distribution de l'énergie électrique des mines de la Grand'Combe.

25 HP du ventilateur de Palmesalade, est protégée par trois parafoudres à cornes à extinction automatique.

Les machines à vapeur de la station centrale du Pétassas sont alimentées par une batterie de quatre chaudières multitubulaires du type Lanet, de 150 mètres carrés de surface de chauffe chacune, et timbrées à 10 kilogrammes. On y brûle des poussiers anthraciteux dont on réalise la combustion complète grâce aux grilles de M. Colin.

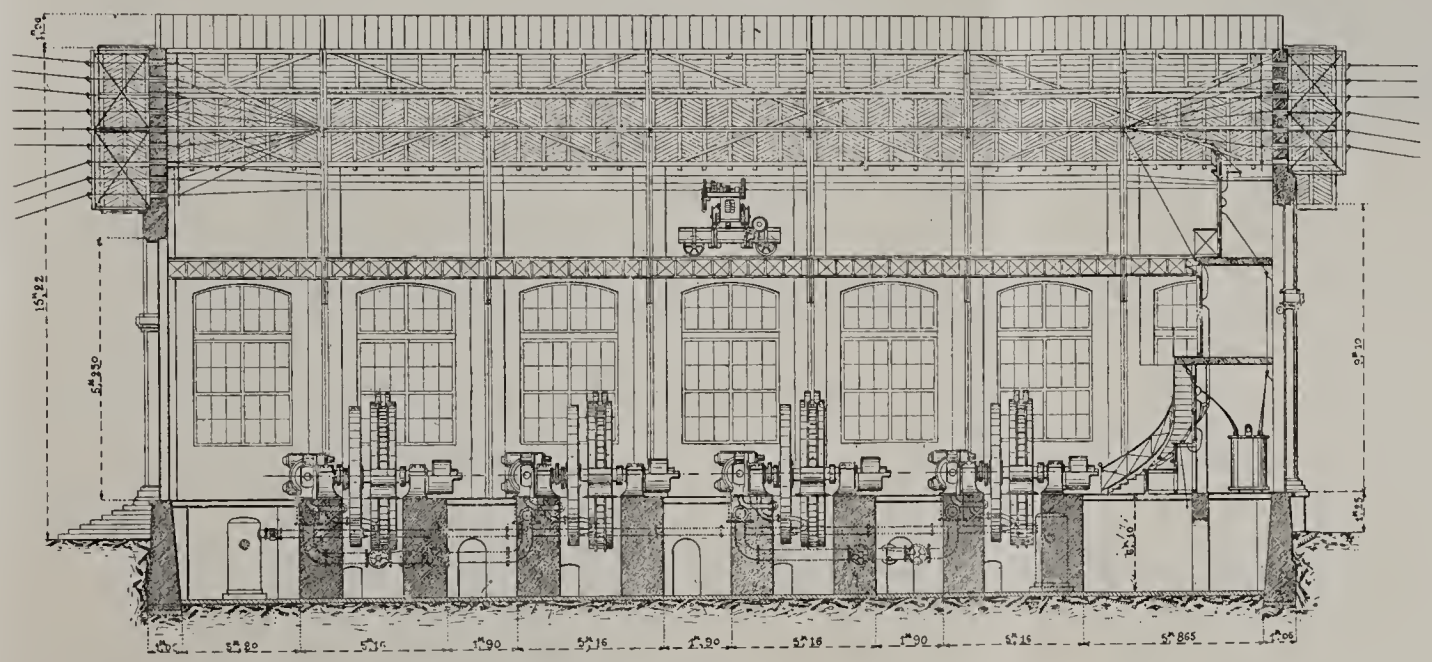
La vapeur produite est asséchée dans deux surchauffeurs Deck, à foyer indépendant.

INSTALLATIONS ELECTRIQUES

STATION CENTRALE DE 1400 CHEVAUX

4 GROUPES ELECTROGENES DE 350 CH^X CHACUN

Coupe longitudinale



Coupe transversale

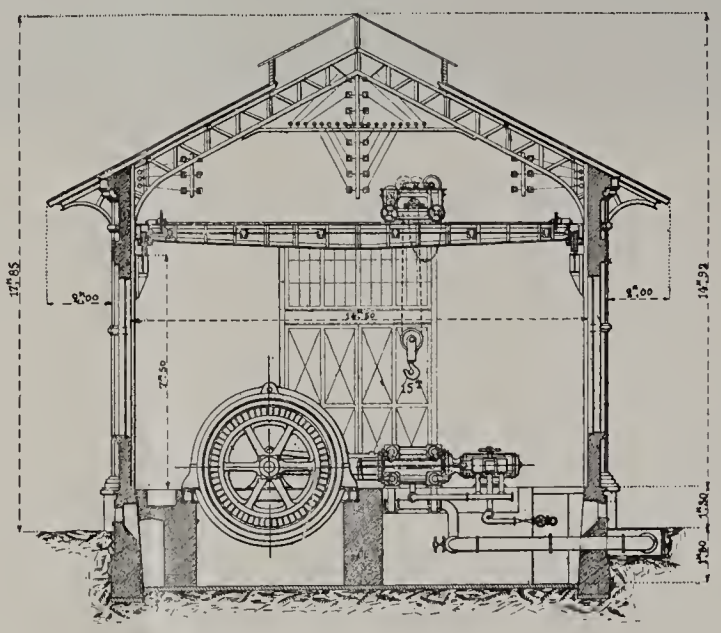
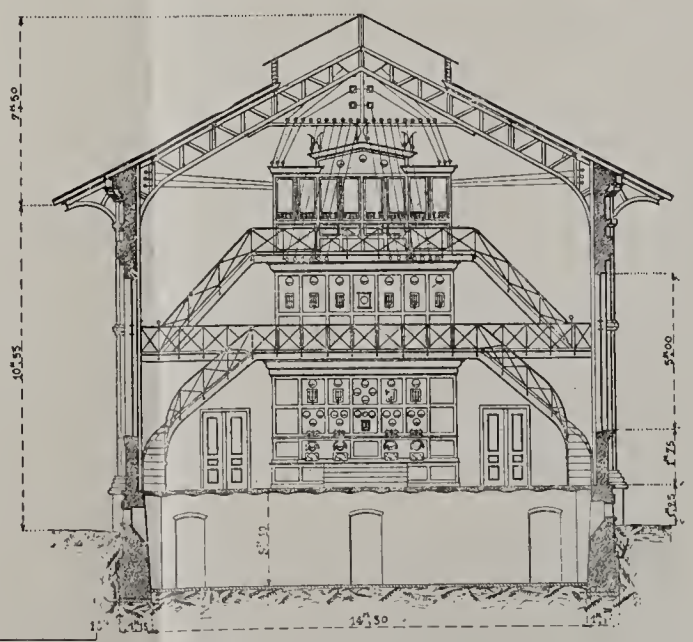
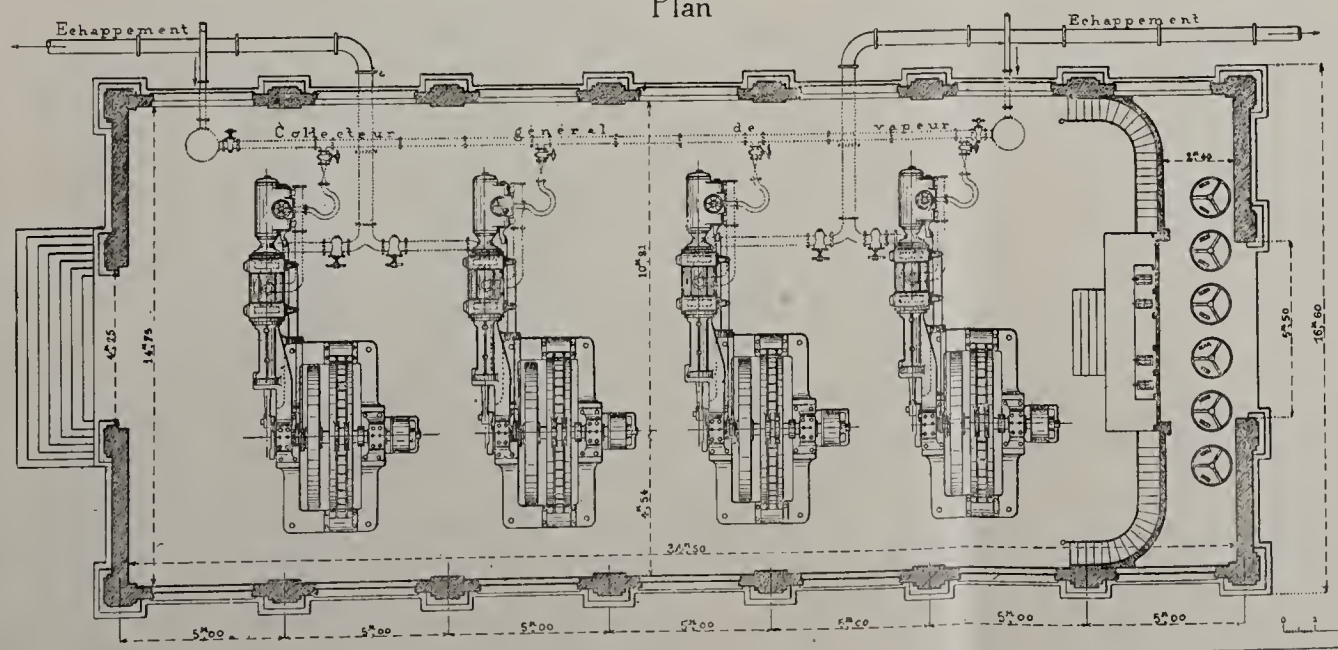


Tableau de distribution



Plan



Echelle

Mars 1900

Fig. 303. — Installations électriques des mines de Carmaux, station centrale de 1,400 HP

C E E

L'eau évacuée des condenseurs est refoulée par une pompe centrifuge, mue à l'électricité, dans les pulvérisateurs d'un réfrigérant, et ainsi régénérée à l'état d'eau froide pour resservir à la condensation.

A l'origine de cette installation, un seul des groupes électrogènes du Pétassas pouvait actionner tous les moteurs en service, en fournissant environ 350 chevaux de force, on avait donc en cas d'avarie une machine de secours. Depuis 1900, le nombre des moteurs s'étant continuellement accru, il a fallu doter la station d'un troisième groupe de puissance égale aux deux autres.

L'exploitation de la 3e division des Mines de la Grand'Combe a été considérablement améliorée du fait des installations électriques (ventilateurs, pompes, treuil); l'aérage est devenu beaucoup plus régulier et l'atmosphère, autrefois intolérable de la mine, est aujourd'hui très saine et très fraîche, grâce à l'arrêt des pompes à vapeur qui épuisaient la fosse du Pétassas. La suppression des colonnes de vapeur à joints plus ou moins étanches a facilité la conservation des bois et l'entretien du puits. On n'a plus à redouter les fortes venues d'eau qui, dans cette région, suivent de près les grandes pluies. Enfin, grâce au treuil électrique, l'exploitation de l'aval pendage, en vallée, a pu prendre un développement que l'on n'aurait jamais atteint avec la vapeur ou l'air comprimé.

On a vu dans un autre chapitre le détail de la pompe et du treuil de 125 HP.

Utilisation des chaleurs perdues des fours à coke des Mines de Carmaux. Station centrale d'électricité de 1,400 HP.

Les mines de Carmaux possèdent une installation de carbonisation comprenant 114 fours belges, produisant chacun 4 tonnes de coke par quarante-huit heures, avec un rendement de 74.66 p. 100 du combustible enfourné. La température des gaz à la base des cheminées d'évacuation est de 1,100 à 1,300 degrés.

Pour utiliser ces chaleurs considérables perdues par le rejet pur et simple de ces gaz, la Compagnie a créé une usine de production de vapeur qui est desservie uniquement par ces gaz chauds et qui lui donnent suffisamment de vapeur pour actionner divers appareils et machines des ateliers d'agglomérés, des lavoirs, des compresseurs, et surtout pour alimenter une importante station centrale d'électricité.

Les détails de la chaufferie et de la station méritent d'être notés.

Production de la vapeur. — Par des carneaux partant de la base de chaque cheminée d'évacuation et ménagés dans l'épaisseur des massifs de tête des batteries, les gaz ayant servi à la carbonisation peuvent être, par le jeu de registres, dirigés sous des *chaudières Belleville*. Celles-ci sont installées sur les extrémités antérieures de ces massifs, qui font saillie sur la façade de la batterie d'une quantité suffisante pour que ces appareils n'obstruent pas le passage nécessaire au service de chargement des fours. Sauf aux extrémités, où se trouvent des batteries isolées, chaque chaudière utilise les gaz provenant

de deux batteries contiguës. Ces chaudières sont au nombre de huit. Elles possèdent 83 mètres carrés, 149 mètres carrés ou 166 mètres carrés de surface de chauffe, suivant le nombre des fours qu'elles desservent. Elles représentent en totalité une surface de chauffe de 1,126 mètres carrés.

Alimentation. — Deux pompes marchant à tour de rôle refoulent l'eau nécessaire à l'alimentation. Celle-ci est assurée en toute circonstance par deux conduites mises en relation de distance en distance par des robinets, de telle manière que la réparation d'un tronçon quelconque peut être effectuée sans que l'alimentation ait à subir la moindre interruption.

Le fonctionnement de tous ces appareils, dont les premiers ont été installés il y a cinq ans, n'a pas donné lieu au moindre ennui, grâce à la perfection bien connue avec laquelle ils sont exécutés par la maison Belleville.

Foyers de secours. — Il faut ajouter que toutes les chaudières sont pourvues de foyers ordinaires, de manière à pouvoir être chauffées directement avec de la houille, pour le cas où les batteries auxquelles elles sont associées seraient mises hors feu.

Collecteur et passerelle. — La vapeur produite à la pression de 12 kilogrammes est recueillie dans un collecteur général disposé parallèlement aux conduites d'alimentation. L'ensemble, situé au-dessus des fours, à une hauteur convenable pour ne pas entraver les manœuvres de chargement, repose sur une passerelle couverte où les tuyauteries sont abritées et qui facilite leur surveillance et leur entretien.

Résultats obtenus. — Les résultats fournis par cette installation sont remarquables.

La quantité d'eau vaporisée, mesurée par un compteur d'eau et vérifiée d'ailleurs par des expériences précises sur un groupe de cinq chaudières, est en moyenne de *168 kilogrammes par four* et par heure, soit *17 kilogr. 300 par mètre carré de surface de chauffe* et *2,000 kilogrammes environ par tonne de coke fabriqué.*

Les frais de main-d'œuvre et d'entretien de toute l'usine de production de vapeur s'élèvent à 0 fr. 115 par tonne de vapeur.

La vapeur, comme nous l'avons dit, est utilisée dans diverses installations qui sont :

1° La fabrique d'agglomérés, monte-charges, surchauffeurs, et deux machines de 140 et 60 HP ;

2° La laverie ancienne ; machine et monte-charge ;

3° Un compresseur double et une pompe élévatoire ;

4° La station centrale.

Station centrale. — Cette station (fig. 303), renfermée dans un bâtiment spécial, comprend :

1° Trois groupes électrogènes, dont chacun comporte :

Un *moteur à vapeur Compound,* à cylindre en tandem, attaquant un arbre sur lequel sont montés : un volant, l'inducteur d'un *alternateur* et l'induit de son *excitatrice.* La distribution du cylindre à haute pression (450 millimètres de diamètre, 1 mètre de course) se fait par tiroirs cylindriques équilibrés, avec détente variable par un régulateur du type Armington et Sims, monté dans le volant. Dans le cylindre à basse pression

(diamètre, 750 millimètres) la distribution est du genre Corliss à quatre distributeurs et la détente y est invariable.

La *puissance* à 100 tours par minute est de 350 chevaux effectifs.

Ces moteurs, qui marcheront à basse pression dès qu'il sera possible de leur fournir l'eau nécessaire à la condensation, fonctionnent actuellement à haute pression avec une *consommation de vapeur* de 9 kilogr. 7 par cheval et par heure.

Un quatrième groupe était en montage au moment de l'Exposition. C'est donc une puissance totale, pour les quatre groupes, de 1,400 HP.

Ces groupes ont été installés successivement depuis 1896 par la Société alsacienne de constructions mécaniques de Belfort.

L'*alternateur* triphasé, du type Siemens et Halske, à 60 pôles, est caractérisé par les constantes suivantes :

Puissance en kilowatts	sur résistance inductive ($\cos\varphi = 0,7$)	240
	sur résistance non inductive	312
Tension		240 volts.
Intensité à pleine charge		750 ampères.
Nombre de tours par minute		100
Fréquence par seconde		50

L'*excitatrice*, à inducteur tétrapolaire fixe intérieur et induit extérieur mobile, fournit à pleine charge à la vitesse normale de 100 tours, 80 ampères sous 115 volts.

Un *tableau de distribution*, à trois étages : l'étage inférieur comprend les appareils nécessaires pour contrôler la marche de la machine.

L'étage moyen est réservé à la distribution de l'électricité qui se fait à la tension de production, c'est-à-dire aux récepteurs situés à faible distance de la station.

L'étage supérieur est consacré à la distribution qui s'opère à longue distance et pour laquelle la tension est relevée à 5,000 volts à l'aide de *transformateurs* du type Siemens et Halske. En faisant abstraction des frais d'amortissement des installations, le prix de revient du kilowatt-heure ressort à 0 fr. 007 environ, chiffre très intéressant.

Cette puissance de 1,400 HP est destinée à desservir l'éclairage et la force motrice d'une grande partie des services de fond et de jour (fig. 304). Le tableau annexé (fig. 305) donne le détail de cette utilisation, qui peut se résumer de la façon suivante :

Puissance utilisée :

Éclairage	lampes à incandescence	129 HP
	lampes à arc	41
Force motrice		1003
	TOTAL	1173

Parmi les appareils intéressants mus par le courant triphasé de la station, nous citerons la défourneuse des fours à coke, une pompe d'épuisement et un treuil de mine dont nous avons parlé précédemment.

Installation électrique des mines de Blanzy.

Comme les usines de Nœux, la Compagnie de Blanzy possède une installation électrique en courants triphasés, distribués à 5,000 volts.

La station est de 1,300 HP, elle comprend trois machines Willans à triple expansion (deux de 300 HP à 350^{T}, et une de 700 HP à 300^{T}) commandant trois alternateurs triphasés Thury à 48 périodes et 5,000 volts.

Les lignes sont aériennes à fil nu, sauf à la traversée des routes où les fils sont recouverts de l'isolement réglementaire et entourés de treillage suspendu.

Pour l'éclairage et les petits moteurs du jour, le courant est ramené de 5,000 à 125 volts; pour les travaux du fonds, le rapport est de 5,000 à 700 volts. Les transformateurs sont du type Labour.

Dans les puits, les conducteurs sont réunis dans un câble isolé et armé par deux rubans feuillard; dans les endroits très humides, le câble est enfermé dans une gaine de plomb.

Au fond du puits, un deuxième transformateur ramène la tension du courant de 700 à 125 volts pour l'éclairage des abords du puits.

Les appareils actuellement en service dans la mine sont : un treuil pour traînage par chaîne sans fin, trois treuils pour traînage par corde-tête et corde-queue, un treuil pour plan incliné, un ventilateur et trois pompes.

Ces appareils qui représentent des forces de 15 à 65 chevaux ont des moteurs asynchrones, munis de bagues et de frotteurs permettent d'introduire une résistance pour réduire l'afflux du courant de démarrage et diminuer, au besoin, la vitesse. La vitesse angulaire des moteurs varie, suivant leur puissance, de 480 à 960 tours par minute.

Seul, le premier de ces appareils est placé dans un puits dont les quartiers en exploitation sont grisouteux, mais il se trouve près de l'entrée d'air. Par mesure de précaution, on a établi l'interrupteur circulaire et les coupe-circuits dans des boîtes complètement hermétiques. L'appareil de mise en marche, avec ses résistances, est dans une boîte étanche remplie d'huile de résine jusqu'au-dessus des contacts; quant au moteur lui-même, toutes les pièces dans lesquelles des étincelles seraient susceptibles de se produire sont renfermées et complètement hors de communication avec l'air environnant.

Installations électriques des mines de Vicoigne et Nœux. (Traction électrique.)

Une application intéressante de l'électricité comme force motrice et traction a été réalisée aux mines de Nœux. Nous devons l'analyser en détail.

La station centrale est alimentée par une batterie de chaudières Belleville multitubulaires chauffées par les flammes perdues des fours à coke. Cette station fournit du courant triphasé à toutes les fosses de la Compagnie, à 5,000 volts. Des transformateurs

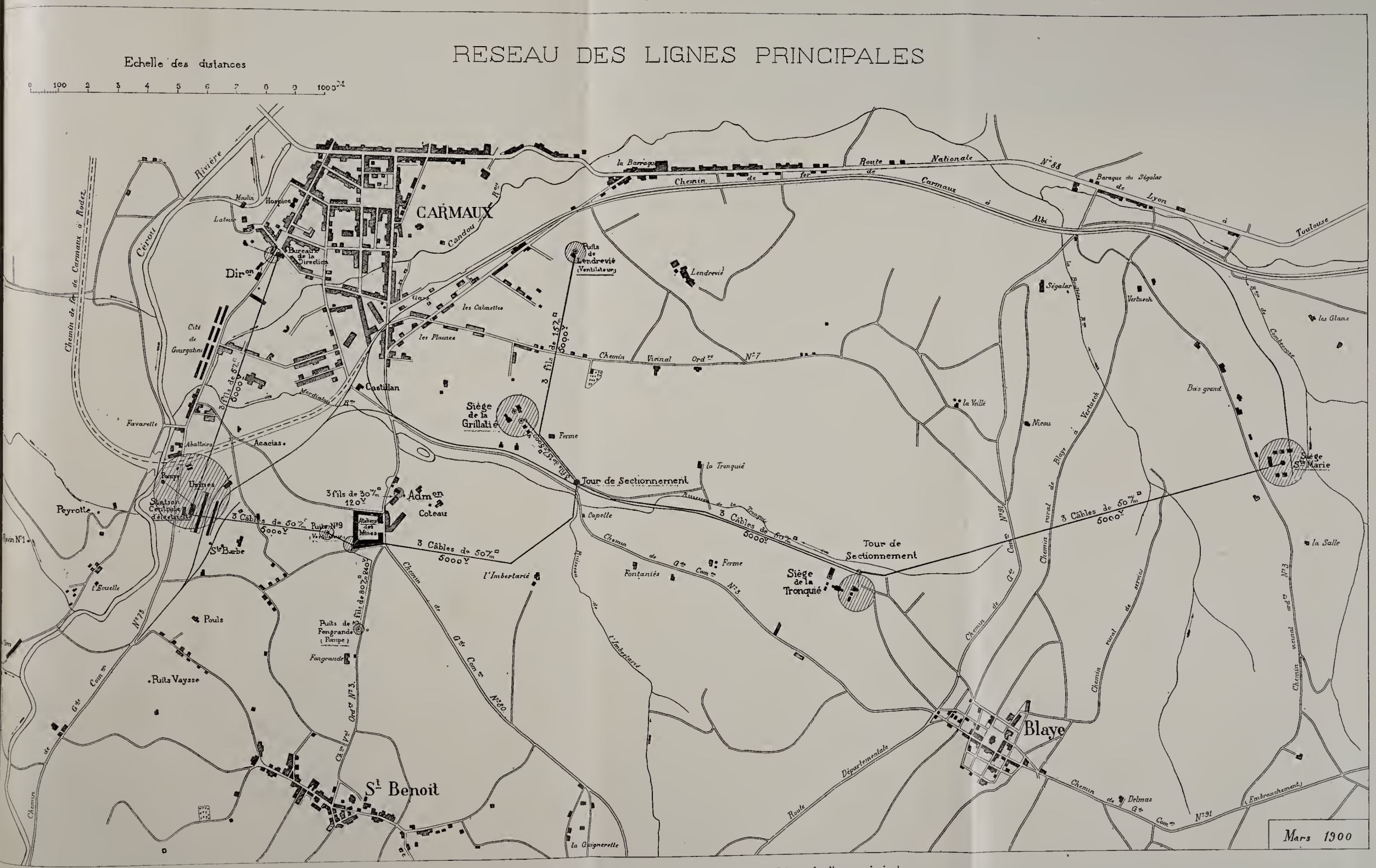
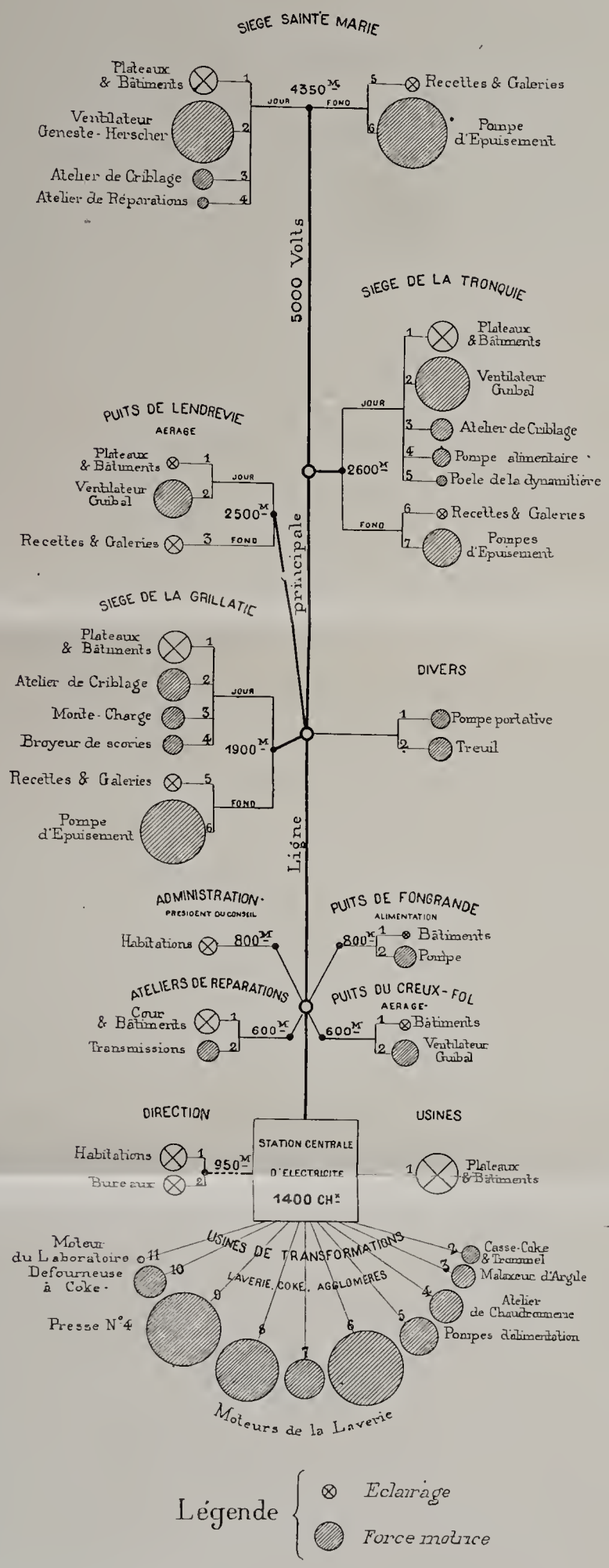


Fig. 304. — Installations électriques des mines de Carmaux. — Réseau des lignes principales.

C. F. E.

SCHEMA INDIQUANT LA DISTRIBUTION ET L'UTILISATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

SCHEMA



LEGENDE

État des installations en Mars 1900.

N° d'ordre	UTILISATION	Nombre de lampes à incandce	Nombre de lampes à arc	Puissance des moteurs en chx vap.
	SIEGE SAINTE MARIE			
	INSTALLATIONS EXTERIEURES			
1	Eclairage des plateaux, bureaux, vestiaires, recettes, criblages, chaudières, machines, etc	143	3	"
2	Moteur du ventilateur Geneste-Herscher de 2m00 de diamètre servant à l'aérage de la mine	"	"	80
3	Moteur de l'atelier de triage et classification des houilles	"	"	6
4	Moteur de l'atelier de réparations	"	"	3
	INSTALLATIONS SOUTERRAINES			
5	Eclairage des recettes 140 et 190, des écuries et des principales galeries de roulage	37	"	"
6	Pompe d'exhaure installée à 200M de profondeur	"	"	105
	SIEGE DE LA TRONQUIE			
	INSTALLATIONS EXTERIEURES			
1	Eclairage des plateaux, bureaux, vestiaires, recettes, criblages, chaudières, machines, etc	157	5	"
2	Moteur du ventilateur Guibal de 9m00 de diamètre servant à l'aérage de la mine	"	"	65
3	Moteur de l'atelier de triage et classification des houilles	"	"	10
4	Pompe élevant les eaux de surface dans les bassins d'alimentation des chaudières	"	"	5
5	Radiateurs électriques pour le chauffage de la dynamitière	"	"	4
	INSTALLATIONS SOUTERRAINES			
6	Eclairage des recettes 370 et 425 et des principales galeries de roulage	20	"	"
7	Pompe d'exhaure installée à 350M de profondeur	"	"	25
7	Pompe installée à 50M de profondeur élevant les eaux des terrains aquifères dans les bassins d'alimentation des chaudières	"	"	5
	SIEGE DE LA GRILLATIE			
	INSTALLATIONS EXTERIEURES			
1	Eclairage des plateaux, bureaux, vestiaires, recettes, criblages, chaudières, machines, etc	164	8	"
2	Moteur de l'atelier de triage et classification des houilles	"	"	25
3	Moteur du monte-charge	"	"	10
4	Moteur du broyeur à scories	"	"	6
	INSTALLATIONS SOUTERRAINES			
5	Eclairage des recettes 140-168-209, des écuries et des principales galeries de roulage	46	"	"
6	Pompe d'exhaure installée à 210M de profondeur	"	"	85
	PUITS DE LENDREVIE			
	INSTALLATIONS EXTERIEURES			
1	Eclairage des plateaux, vestiaires, recettes, machines, etc	31	"	"
2	Moteur du ventilateur Guibal de 9m00 de diamètre servant à l'aérage de la mine	"	"	30
	INSTALLATIONS SOUTERRAINES			
3	Eclairage des recettes, écuries et principales galeries de roulage	47	"	"
	PUITS DU CREUX-FOL			
1	Eclairage du bâtiment	6	"	"
2	Moteur du ventilateur Guibal de 9m00 de diamètre servant à l'aérage d'une partie des travaux du siège de la Grillatié	"	"	15
	PUITS DE FONGRANDE			
1	Eclairage du bâtiment	2	"	"
2	Moteur de la pompe installée à 60M de profondeur élevant les eaux des terrains aquifères dans un réservoir	"	"	10
	ATELIERS DE REPARATIONS			
1	Eclairage des ateliers de réparations, bureaux, magasins, écuries, cours, etc	126	1	"
2	Moteur des transmissions et des machines outils	"	"	10
	ADMINISTRATION			
	PRESIDENT DU CONSEIL			
	Eclairage du Château de la Verrerie	53	"	"
	DIRECTION			
1	Eclairage des maisons d'habitation	162	"	"
1	Calorifère électrique	"	"	3
2	Eclairage des bureaux de la direction	83	"	"
	USINES DE TRANSFORMATIONS.			
1	Eclairage des plateaux, station centrale d'électricité, fours à coke, laverie des houilles, usine à agglomérés et divers	216	24	"
2	Moteur du concasseur et classeur des menus de coke	"	"	5
3	Moteur du malaxeur d'argile	"	"	10
4	Moteur de l'atelier de chaudronnerie	"	"	25
5	Moteur de 2 pompes élevant l'eau de la rivière dans les réservoirs d'alimentation des chaudières Belleville	"	"	30
6, 7, 8	Moteurs de la laverie des houilles (125-100-40 HP)	"	"	265
9	Moteur de la presse N°4 de l'usine à agglomérés	"	"	125
10	Moteur de la défourneuse du coke	"	"	25
11	Moteur du broyeur du laboratoire d'incinération	"	"	1
	DIVERS			
1	Pompe électrique transportable pour la vidange et le nettoyage des bassins d'alimentation	"	"	5
2	Treuil électrique	"	"	10
	Totaux	1293	41	1003
	Totaux en chevaux	129	41	1003
	Total général en chevaux	1173		

PRODUCTION

STATION CENTRALE D'ELECTRICITE

3 Groupes électrogènes de 350 chevaux avec alternateurs triphasés de 750 ampères et 240 volts ..... 1050 HP
Un quatrième groupe est en voie d'installation 350

TOTAL ..... 1400 HP

Mars 1900

Fig. 305. — Installation électrique des mines de Carmaux. Schéma de la distribution et de l'utilisation de l'énergie électrique.

la ramènent à 250 ou 120 volts suivant l'usage auquel on l'emploie. Le transport de force se fait dans le puits et les galeries jusqu'aux postes de transformation ou de charge par un câble armé à 3 conducteurs, à la tension de 5,000 volts.

Il est dirigé de plus vers une station de transformation et de charge destinée à alimenter le service de traction de la Compagnie; ce service constitue une des parties les plus intéressantes de l'installation.

Cette application a été étudiée par la Compagnie, de concert avec la Société alsacienne de constructions mécaniques de Belfort.

Les fosses de Nœux ayant des quartiers grisouteux, la première condition imposée a été l'absence complète et absolue d'étincelles dans l'atmosphère des galeries. C'est pour ce motif que le trolley n'a pas été adopté et qu'on a eu recours aux accumulateurs.

De là, la nécessité de la transformation du courant triphasé en courant continu.

La station de transformation et de charge est établie à proximité des deux puits jumeaux et aussi près que possible du puits d'entrée d'air. Une des extrémités de cette chambre est en communication avec ce puits, l'autre avec le puits de sortie d'air, de façon à ce que l'on puisse ventiler la station par un courant d'air spécial sans communication avec les travaux.

Dans ces conditions, d'une part, la présence d'air grisouteux est impossible, et, d'autre part, les gaz résultant de la charge des accumulateurs ou les fumées produites par l'inflammation accidentelle d'un appareil ne pourraient en aucun cas vicier l'aérage de la mine.

La station de charge renferme, suivant l'importance du transport :

1° Un ou plusieurs transformateurs statiques de 75 kilowatts, qui transforment les courants triphasés à 5,000 volts en courants triphasés à 93 volts;

2° Un ou plusieurs convertisseurs de 70 kilowatts, transformant les courants triphasés en courant continu à 130 volts;

3° Les appareils de manœuvre et de contrôle nécessaires, ainsi que les voies et les prises de courant pour la charge des batteries d'accumulateurs;

4° Un pont transbordeur mû électriquement ou au besoin à la main, pour prendre sur la voie de service les trucks d'accumulateurs déchargés, les rentrer dans la station de charge et *vice versa*.

Locomotives. — Les conditions générales que devaient remplir les locomotives étaient les suivantes :

1° Pouvoir remorquer, avec une vitesse de 11 à 12 kilomètres à l'heure, un convoi de 20 à 25 berlines vides, pesant chacune 280 kilogrammes sur une rampe de 8 millimètres par mètre en moyenne;

2° Pouvoir remorquer, avec la même vitesse, sur une pente de 8 millimètres par mètre en moyenne, le même convoi chargé de 500 kilogrammes de charbon par unité;

3° Entrer sans aucun démontage dans les cages actuellement en service dans les différentes fosses de la Compagnie;

4° Pouvoir effectuer un parcours aller et retour de 6 kilomètres, sans recharger la batterie d'accumulateurs;

5° Que la batterie puisse être rechargée pendant le temps de durée d'un parcours;

6° Présenter toutes les garanties possibles au point de vue du grisou.

D'après les essais effectués au fond à l'aide d'un chariot dynamométrique copié sur celui imaginé à Commentry, il a été reconnu que la force nécessaire ne dépasserait pas 15 chevaux et qu'une batterie d'accumulateurs de 60 ampères-heures de capacité, sous 100 volts, serait suffisante.

Il était impossible, d'après ce qui précède, tant au point de vue du poids, de l'encombrement et des manœuvres pour la charge, de loger la batterie d'accumulateurs sur la locomotive même, et il a été admis que la batterie serait portée par un truck spécial dont les dimensions d'encombrement ne dépasseraient pas celles de la locomotive.

CARACTÉRISTIQUES DE LA LOCOMOTIVE.

Puissance du moteur	20	chevaux.
Voltage aux bornes	100	volts.
Nombre de tours du moteur	850	
Rapport de réduction	6,9	
Deux essieux commandés par chaîne.		
Diamètre au contact des roues	500	millim.
Vitesse en kilomètres	11,5	
Poids de la locomotive seule	2,850	kilogr.
Poids par essieu	1,425	
Écartement entre rails	600	millim.
Poids au mètre du rail employé	12	kilogr.

BATTERIE D'ACCUMULATEURS.

(*Type «Tudor» à charge rapide.*)

Nombre d'éléments		51	
Capacité au régime en ampères-heures		60	
Charge	Sous voltage constant de	130	volts.
	Intensité au début de la charge	180	ampères.
	Intensité à la fin de la charge	70	
	Durée	30	minutes.
La batterie doit être rechargée lorsque la force électromotrice est descendue en marche à		92-93	ampères.
Poids du truck et de la caisse vide		1,500	kilogr.
Poids d'un élément		30	kilogr.
Poids du truck complet en ordre de marche		3,030	kilogr.

Les figures 306 et 307 donnent tous les détails de construction de la locomotive et de son truck.

La dynamo est à quatre pôles, avec balais en charbon, ne nécessitant que de rares visites du collecteur.

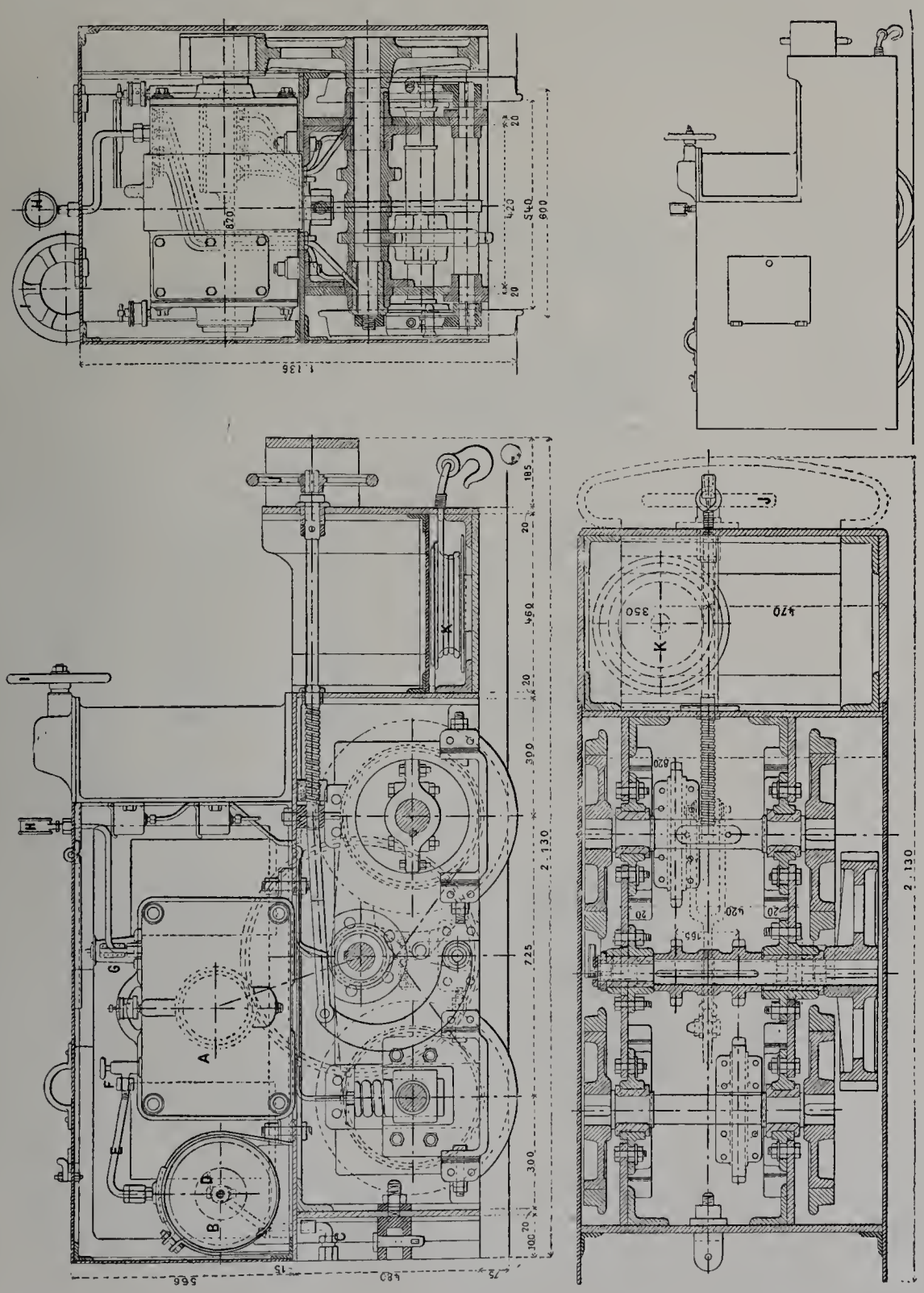


Fig. 306. — Locomotive électrique des mines de Nœux.

L'ensemble du moteur est placé dans un réservoir étanche A en acier, très robuste, enfermant le collecteur et les balais, et dans lequel aucune rentrée d'air grisouteux n'est possible, cette enveloppe contenant toujours de l'air comprimé à une pression de 1/2 à

2 kilogrammes. A cet effet, la locomotive porte, derrière le moteur, un petit réservoir cylindrique B en tôle, que l'on remplit de temps à autre à l'accrochage d'air comprimé à 5 ou 6 kilogrammes pris sur les conduites du fond. La tubulure C pour le remplissage est munie d'un clapet de retenue D.

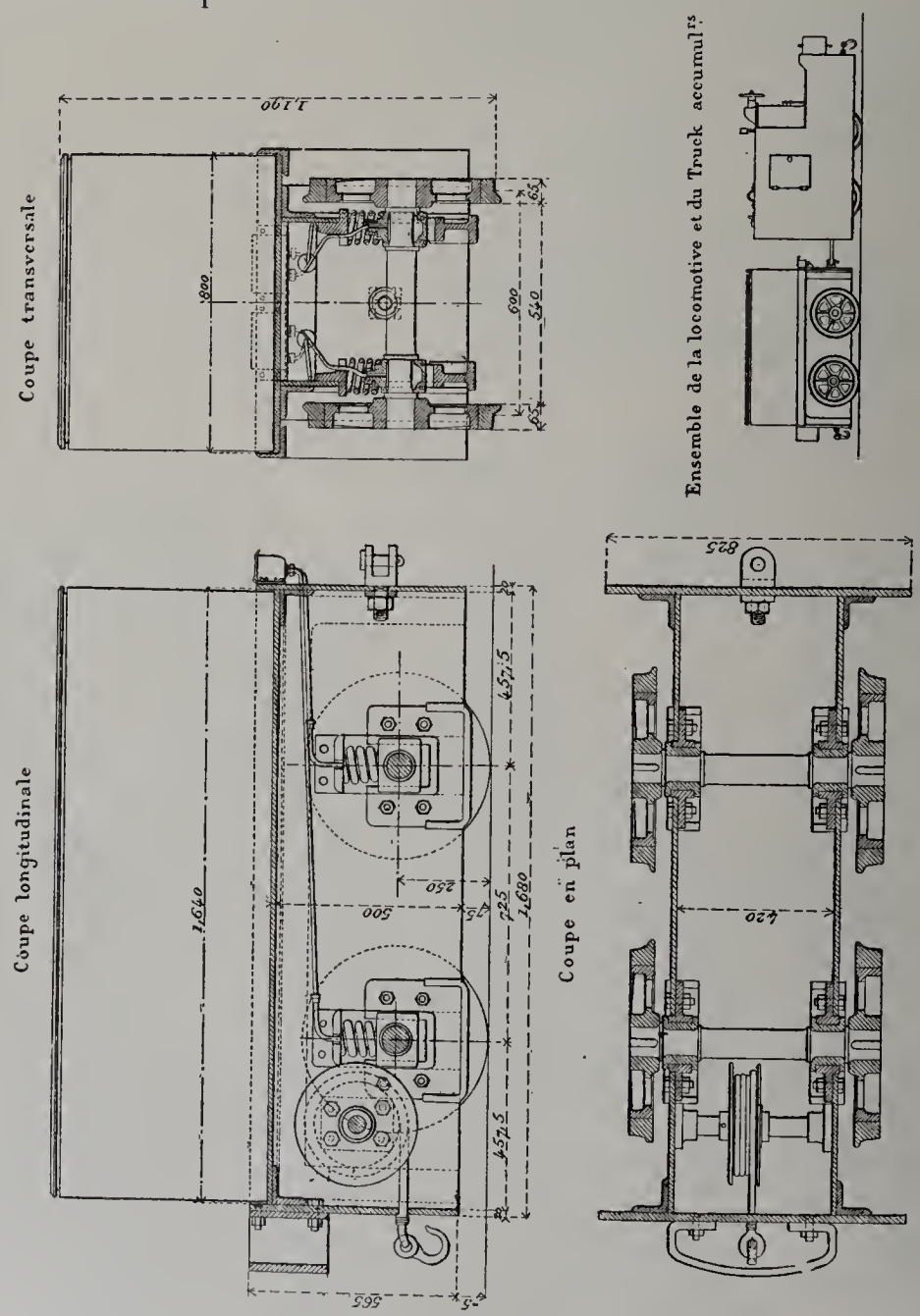


Fig. 307. — Traction électrique des mines de Nœux. — Truck et accumulateurs.

L'intérieur de la dynamo peut être mis en communication avec le réservoir, à l'aide d'un petit tuyau E et d'un robinet F. Une soupape de sûreté G limite la pression de l'air dans l'intérieur du moteur, et un manomètre H, placé à portée de la vue du mécanicien, lui indique si la pression est toujours effective.

L'arbre moteur traverse l'enveloppe au moyen d'un presse-étoupe.

Le pignon porté sur cet arbre est en cuir vert.

Un coupleur, dont le volant de manœuvre I se trouve à côté du mécanicien, permet

de renverser le sens de la marche du moteur et d'introduire des résistances pour avoir quatre vitesses différentes dans les deux sens de la marche. Les boudins des résistances et les touches du coupleur sont enfermés dans des boîtes en fonte étanches et baignés dans de l'huile de vaseline.

Un frein puissant, dont le volant de manœuvre J est également bien à la portée du conducteur, permet d'arrêter le convoi dans un temps aussi court que possible.

Un interrupteur automatique, renfermé dans une boîte en fonte remplie d'huile, limite l'intensité du courant et remplace avantageusement un coupe-circuit fusible, qui ne pouvait être employé.

Enfin, à l'avant de la locomotive, comme à l'arrière du truck, l'attelage avec les berlines se fait au moyen d'un crochet ou d'un anneau fixé à l'extrémité d'un câble souple en acier, qui s'enroule autour d'un tambour à ressort K, lorsqu'il est abandonné à lui-même.

Ce dispositif a pour but de permettre de décrocher rapidement la locomotive du train, lorsqu'elle arrive près de l'accrochage, ou de l'aiguiller sur une voie de garage, en laissant filer le train sur la voie principale par suite de la vitesse acquise ou de la pente.

Trucks et batteries d'accumulateurs. — Les accumulateurs, au nombre de 51, sont du type « Tudor » à charge rapide. Leur charge pourrait se faire en dix minutes, si les transformateurs de la station de charge pouvaient débiter une intensité suffisante.

Les plaques sont contenues dans des boîtes en ébonite, fermées par une plaque en caoutchouc et une matière isolante pour éviter les projections d'eau acidulée.

Une petite tubulure en ébonite, recouverte d'un capuchon en caoutchouc, permet

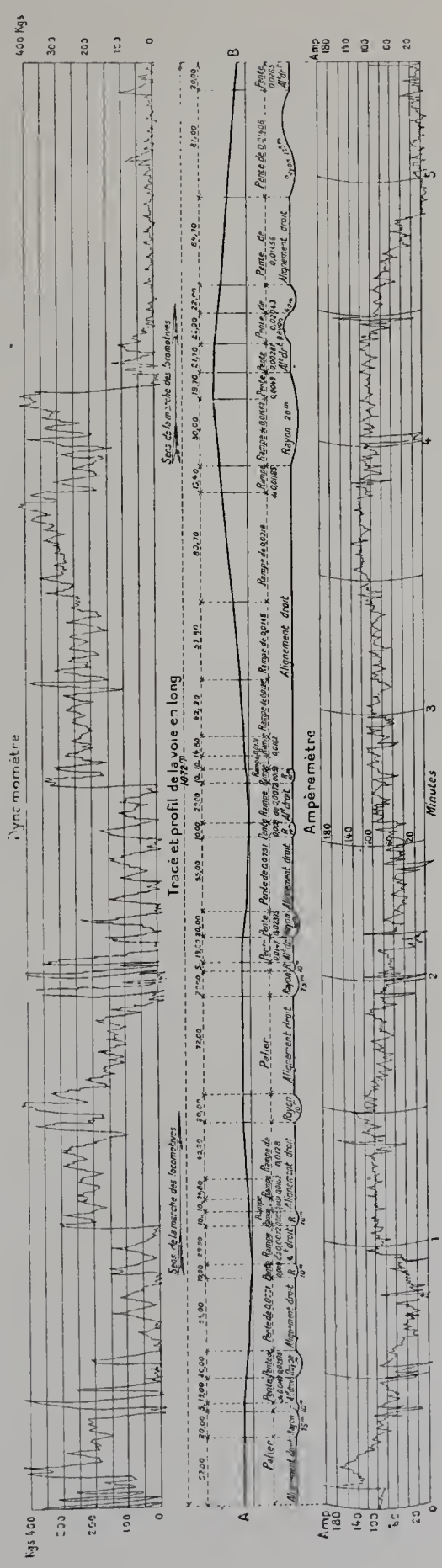


Fig. 308. — Traction électrique des mines de Nœux. — Diagramme des efforts et de l'ampèremètre le long de la voie.

IMPRIMERIE NATIONALE.

le remplissage des éléments et le dégagement des gaz pendant la charge. Pour éviter les ruptures des connexions, celles-ci sont toutes en plomb, avec soudures autogènes.

La caisse qui contient les éléments est en chêne et renforcée par des armatures en fer. Elle est revêtue, à l'intérieur, de plaques de verre recouvertes de gomme laque. Un couvercle en chêne, avec joint constitué par un boudin de caoutchouc, rend la caisse aussi étanche que possible.

Essais. — Ces locomotives ont été essayées très soigneusement, au jour, sur une voie établie dans ce but et qui présentait des courbes et contre-courbes nombreuses et à petits rayons, ainsi que des rampes allant jusqu'à 25 millimètres par mètre.

La planche 308 donne le développement de cette voie, son profil ainsi que son tracé. Sur cette planche sont également tracés :

1° Un diagramme des efforts réels demandés par la traction du convoi;

2° Des diagrammes relevés à l'ampèremètre enregistreur monté sur la locomotive.

Le programme imposé a été parfaitement rempli. La locomotive, en effet, a non seulement pu remorquer aisément 25 berlines vides (7,000 kilogrammes), à la vitesse prévue sur une rampe de 8 millimètres, mais elle a même pu démarrer ces 25 berlines sur une rampe de 25 millimètres.

Elle a passé dans des courbes de 10 mètres de rayon, avec une vitesse de 11 à 12 kilomètres à l'heure, et dans des courbes de 6 mètres avec une vitesse moindre.

Utilisation des venues d'eau sous pression dans les travaux pour la production d'énergie électrique. (Charbonnages des Bouches-du-Rhône.)

La Compagnie des charbonnages des Bouches-du-Rhône, pendant les travaux d'avancement du tunnel de Gardanne à la mer, eut à combattre des venues d'eau très importantes qui se montèrent à un moment à 12,500 litres par minute. Elle dut cuveler pour continuer les travaux. Ayant constaté, au moyen de manomètres fixés dans les parois, que derrière ces enveloppes métalliques l'eau accusait une pression constante de 7 à 11 kilogrammes, la Compagnie songea à utiliser cette eau sous pression pour obtenir la force motrice nécessaire à certains services.

A la suite d'études préliminaires on s'arrêta à une solution présentée par MM. Dubs et Rocour, qui prévoyait l'installation d'une turbine actionnant directement une génératrice triphasée dont le courant devait être employé aux travaux de perforation dans des perforatrices rotatives, système Bornet

Cette installation ayant donné toute satisfaction fut suivie d'autres analogues pour la ventilation et la traction.

Il est intéressant de noter cette application de l'eau sous pression des cuvelages, et de donner quelques détails à ce sujet.

Application à la perforation électrique. — Les figures 4 et 5 de la planche 311 annexée montrent l'installation de la turbine et de la génératrice dans la galerie.

La turbine (Escher-Wyss) [voir pl. 310, fig. 5] est du type à action directe et à arbre horizontal. Elle se compose d'une roue Pelton et d'un ajutage d'amenée dont le débit peut être rendu variable par l'intermédiaire d'une languette actionnée par le régulateur. Ce régulateur, qui doit agir sur une admission d'eau à forte pression, est mû par un servo-moteur particulier commandé par un régulateur à boules[1].

La turbine tourne à 600 tours par minute, avec des variations de charge qui ne dépassent pas 5 p. 100 en moyenne; toutefois il semble que l'auto-régulation n'ait pas été assurée d'une façon constante et précise dans l'installation dont il s'agit. Son rendement est d'environ 75 p. 100. Elle consomme 63 litres à la seconde sous 8 kilogrammes de pression et donne 50 HP effectifs sur l'arbre.

Elle peut aussi marcher à 6 kilogrammes seulement et donner 50 HP également en consommant alors 84 litres par seconde.

La turbine est couplée directement avec la génératrice par une disposition particulière isolante. Cet accouplement (fig. 309) se compose de deux manchons concentriques : l'un est calé sur l'arbre de la dynamo et l'autre sur celui de la turbine; ils sont réunis par un fort disque en cuir serré sur les manchons par des anneaux boulonnés. Cet accouplement donne en plus de l'isolement une certaine élasticité favorable à la bonne marche des arbres.

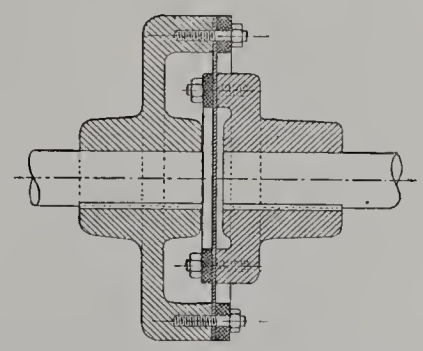


Fig. 309. — Accouplement élastique de la dynamo et de la turbine (Charbonnages des Bouches-du-Rhône).

La génératrice triphasée est d'une puissance de 33 kilowatts à 110 volts et 600 tours. Elle est montée sur un fort bâti de chêne, donnant un isolement convenable et répartissant la charge sur les madriers qui forment le plancher du cuvelage.

Le tableau de distribution est en ardoise. Il comprend les appareils nécessaires, soit un voltmètre, trois ampèremètres pour les trois courants, un ampèremètre pour le courant d'excitation, un interrupteur principal et trois interrupteurs secondaires pour les circuits d'utilisation.

Un rhéostat, intercalé dans le circuit du courant d'excitation, permet de régler l'intensité et, par suite, la tension du courant induit; enfin, l'installation comprend les coupe-circuits à plomb fusible nécessaires à la sécurité des machines.

Les lignes conductrices sont supportées par des isolateurs constitués par des traverses en bois paraffiné scellées dans la voûte de la galerie à 8 mètres les unes des autres. Ces lignes s'arrêtent à 100 ou 200 mètres du front de taille et se prolongent jusqu'au chariot des perforatrices par un câble souple à 3 conducteurs de 20 millimètres carrés. Ce câble peut d'ailleurs s'enrouler sur un tambour spécial pendant le recul du chariot.

Le chariot porte trois perforatrices rotatives Bornet. Il se compose d'un affût sur roues, roulant sur une voie de 526 millimètres, et portant dans deux tourillons un arbre hori-

[1] Voir *Annales des Mines*, tome XVI.

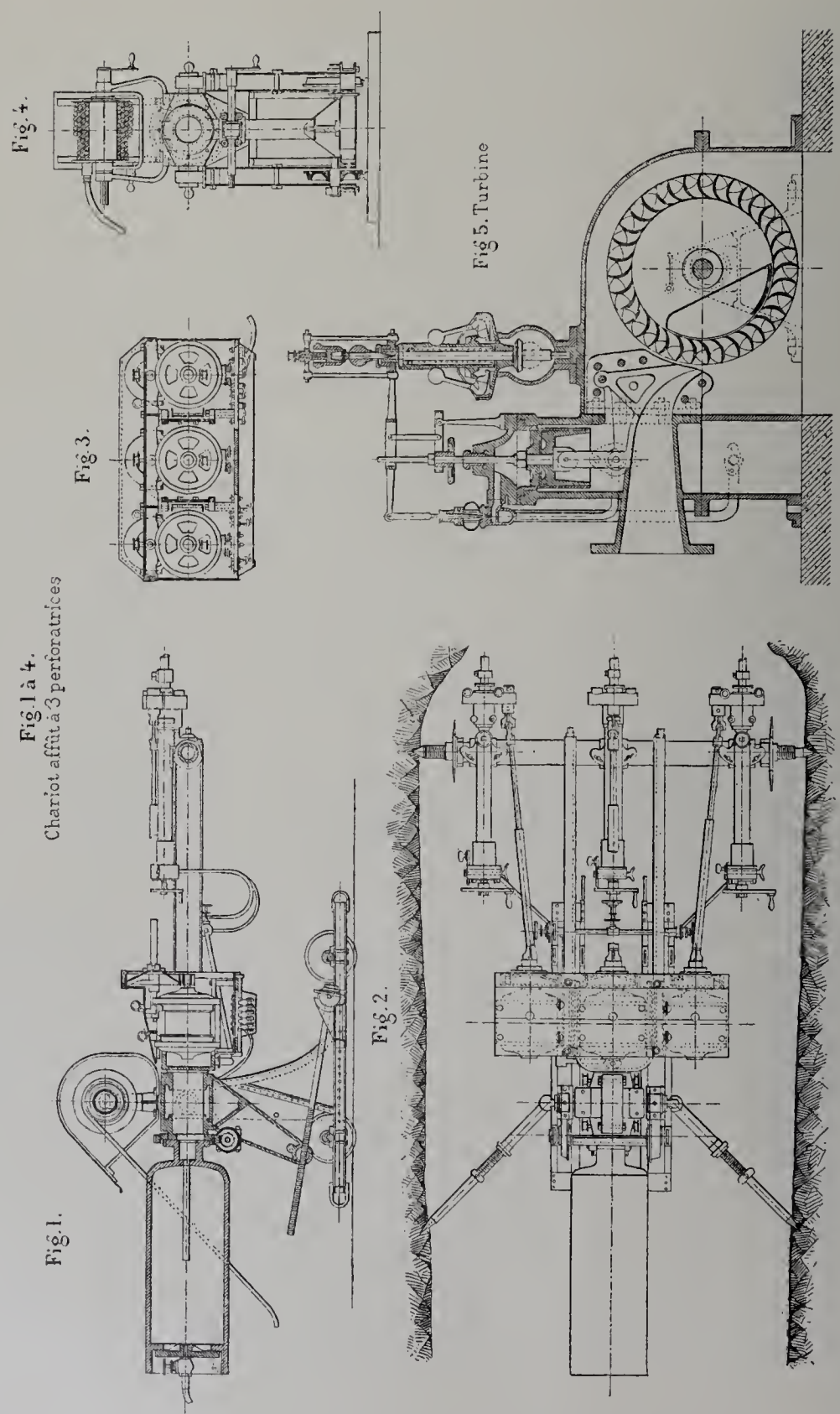


Fig. 310. — Chariot-affût à 3 perforatrices électriques et turbine (Charbonnages des Bouches-du-Rhône).

zontal très robuste. Cet arbre (voir pl. 310), entre les tourillons, est évidé en forme de douille, et dans cette douille se trouve logé un second arbre longitudinal, sur le prolongement duquel sont montés, du côté avant, deux fers en ⊔ de forte section, et, du

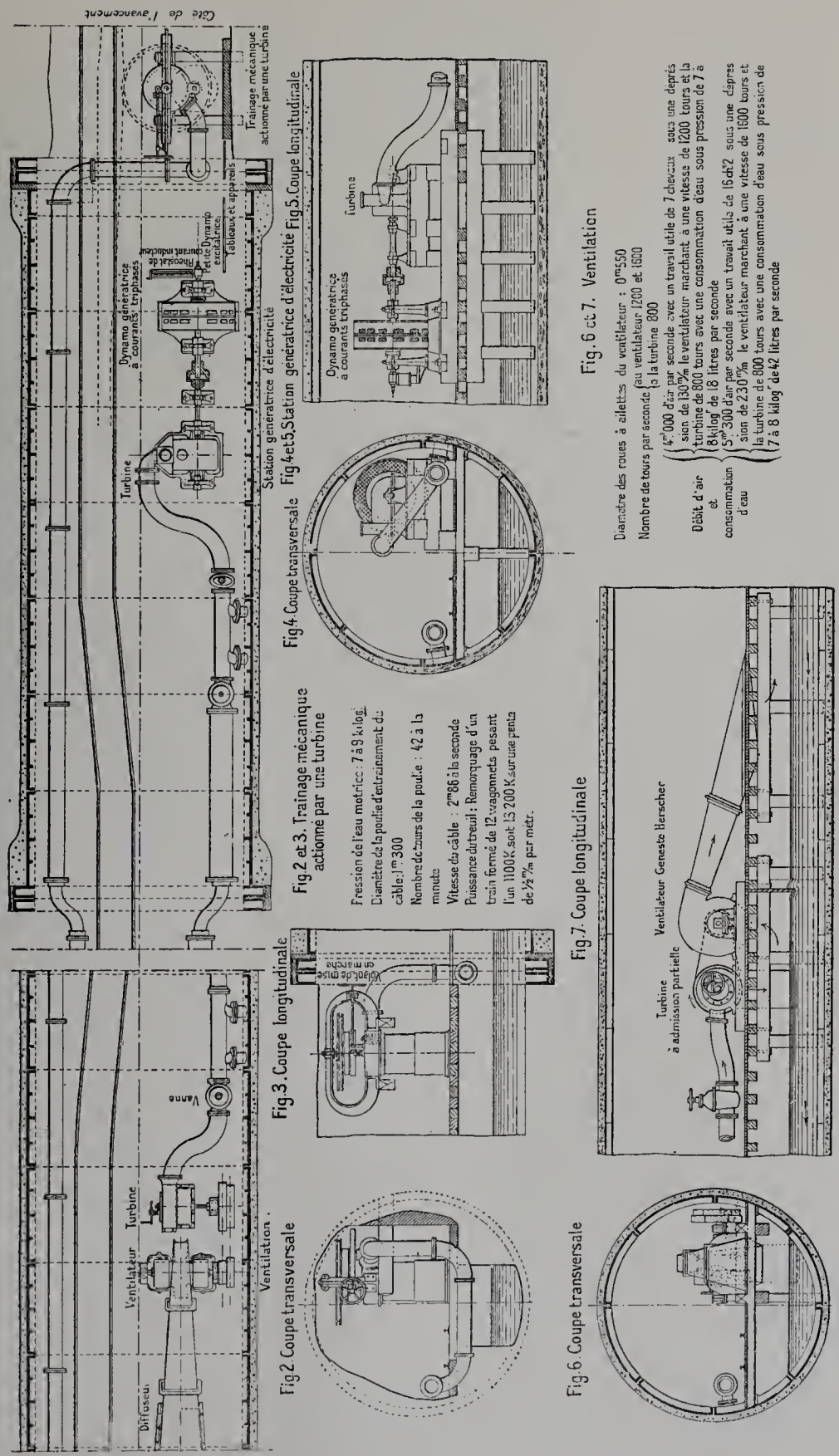


Fig. 311. — Installation dans le cuvelage de la galerie de Gardanne à la mer, pour la perforation électrique, la ventilation et la traction mécanique (Charbonnages des Bouches-du-Rhône).

côté arrière, un réservoir en fonte contenant l'eau sous pression pour l'injection d'eau dans les fleurets creux des perforatrices.

Les deux fers en ⊔ portent à leur extrémité une forte traverse en acier sur laquelle sont montés trois manchons mobiles servant de supports aux trois perforatrices.

Chaque perforatrice est mue par un moteur triphasé par l'intermédiaire d'une tige extensible à joints universels. Ces moteurs sont placés dans une boîte de protection située sur le longeron en fer en ⊔.

Ces moteurs donnent 3 HP effectifs à 1,450 tours à la minute; cette vitesse est réduite à 209 tours par une transmission à engrenage. Les moteurs sont disposés de façon à ce que leur couplage d'enroulement puisse être changé dans la marche arrière; ce nouveau couplage réduit de moitié le nombre de pôles et double la vitesse de rotation. Le retour en arrière des outils se produit donc très vite.

Les perforatrices sont du système Bornet à rotation et à injection d'eau par fleurets creux. Elles tournent, par l'intermédiaire d'un pignon et d'un engrenage, à la vitesse de 53 tours environ, vitesse permise par l'injection d'eau qui refroidit le taillant de l'outil et entraîne les déblais. A cette vitesse, le pas de la vis d'avancement étant de 2 millimètres, l'avancement du fleuret atteint 10 centim. 6.

Ces perforatrices ont une course de 1 m. 10 et forent des trous de 35 à 45 millimètres.

Lorsque le chariot se trouve en garage, il doit occuper le moins d'espace possible en largeur, afin de laisser un libre passage aux wagonnets de déblais. Dans ce but, on fait tourner, au moyen d'une vis sans fin, agissant sur une roue dentée, l'arbre longitudinal de l'appareil dans sa douille, de façon à placer la traverse portant les perforatrices dans un plan vertical. C'est dans cette position que le chariot est amené au front de taille, où une manœuvre inverse ramène la traverse dans une position horizontale. La traverse est alors calée contre les parements de la galerie au moyen des vérins à vis logés dans les extrémités, et les perforatrices sont pointées dans la direction voulue, grâce à leur système de montage sur les manchons et à la course de ces manchons sur la traverse.

Les tourillons de l'arbre horizontal portent encore deux vérins permettant de caler le chariot pour empêcher le recul sous l'influence de la pression des fleurets.

Le poids du chariot est d'environ 2,700 kilogrammes dont 330 kilogrammes pour les perforatrices et 300 kilogrammes pour les 3 moteurs électriques.

Enfin sous les moteurs électriques se trouve un tableau portant les appareils de commande (coupe-circuits et interrupteurs).

Cette installation fonctionne depuis février 1896. On a pu obtenir un avancement quotidien de 5 m. 70 dans du terrain sec et du calcaire de dureté moyenne; on a même atteint parfois 6 m. 70.

Application à l'aérage. — Une application analogue à la ventilation de la force motrice hydraulique a été réalisée. Les figures 1, 6 et 7 de la planche 311 montrent la disposition employée. Elle comprend une turbine du même type que précédemment pouvant fournir 15 HP actionnant par courroie un ventilateur Geneste-Herscher. Ce der-

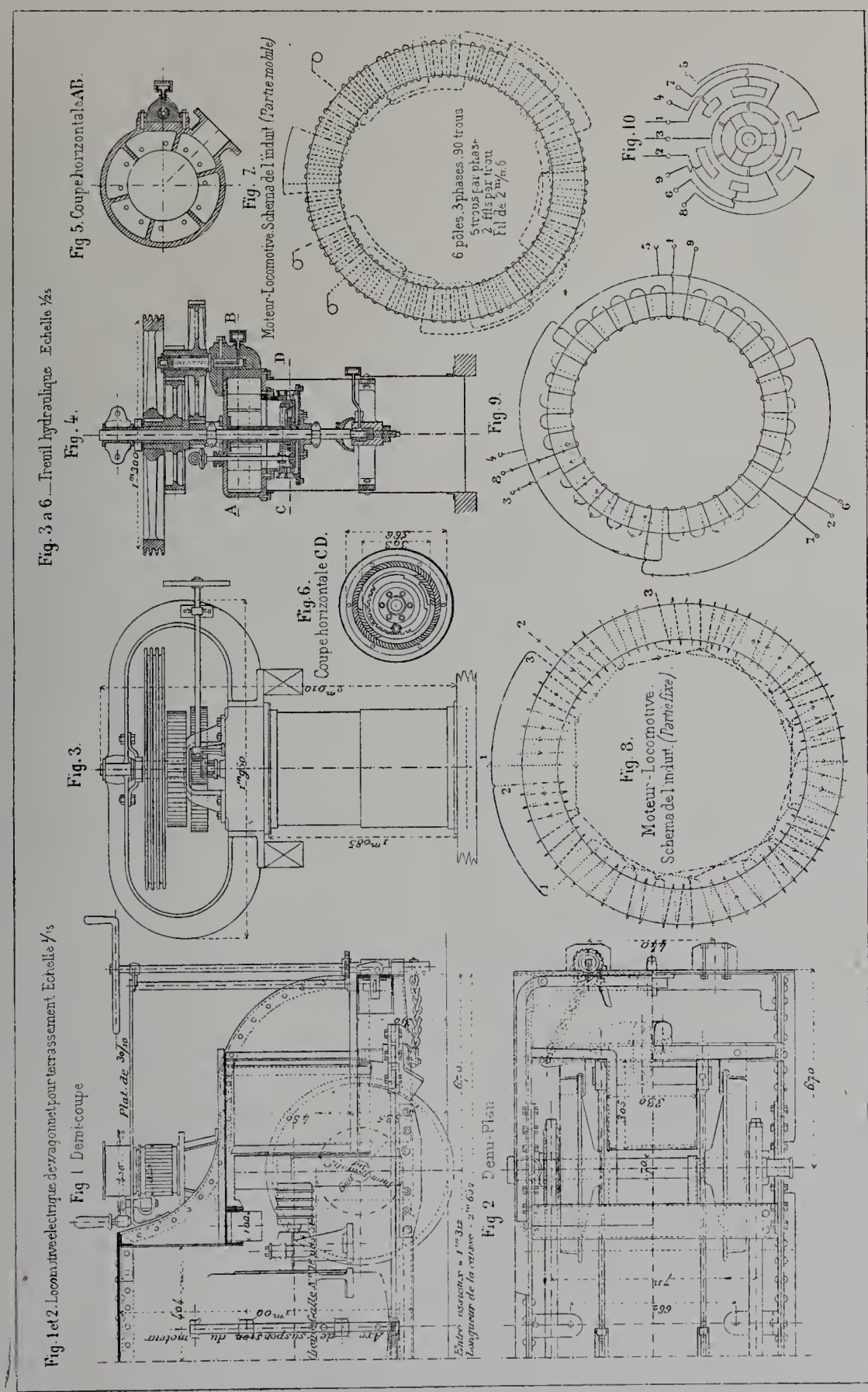


Fig. 3 à 2. — Installations de la galerie de Gardanne à la mer pour la traction. — Locomotive électrique et treuil hydraulique (Charbonnages des Bouches-du-Rhône).

nier est capable d'aspirer 4 mètres cubes par seconde en marchant à 1,200 tours et 5 mètres cubes à la vitesse de 1,600 tours. La turbine consomme en marche normale 600 litres d'eau par minute, sous la pression de 8 kilogrammes.

L'air entre par la galerie et revient au puits (Saint-Joseph) par une colonne de tuyaux en tôle de 0 m. 60 de diamètre sur 2,679 mètres de longueur, par une galerie supérieure sur 866 mètres et enfin par la cuvette de la galerie inférieure sur 553 mètres.

Voici les chiffres donnés par une expérience :

Vitesse du ventilateur	995 tours.
Dépression	68 millim.
Air entrant à l'extrémité de la colonne des tuyaux à la vitesse de 6.60 par seconde	$0^{m^3},315$
Air aspiré par le ventilateur	$4^{m^3},000$

Application à la traction. — L'application de la force hydraulique à la traction a été faite, soit directement, soit indirectement, en la transformant en énergie électrique.

1° Le premier mode d'application comprend une turbine à axe vertical actionnant le tambour d'un traînage mécanique par un train d'engrenages réducteur de vitesses (fig. 2 et 3 de la planche 311 ; 3, 4 et 5 de la planche 312).

La turbine présente la particularité de posséder un double centrage pour la marche dans les deux sens, de l'extérieur vers l'intérieur ou de l'intérieur vers l'extérieur. Cette turbine peut fournir 18 HP et permet le transport de 12 wagonnets contenant ensemble 5 mètres cubes de déblais, à la vitesse de 8 ou 10 kilomètres;

2° Le second mode comprend la station génératrice d'électricité déjà détaillée, et une locomotive électrique à trois trolleys pour courants triphasés, faisant le service entre l'avancement et le commencement du traînage par câble.

Les figures 1, 2, 7, 8, 9 et 10 de la planche 312 donnent les détails sur l'appareillage électrique de cette locomotive et les enroulements de l'induit.

La commande de l'essieu moteur se fait par l'intermédiaire d'une vis sans fin portée par l'arbre du moteur avec interposition d'un manchon d'accouplement et d'une roue dentée calée sur l'essieu. L'appareil de mise en marche porté par la locomotive comporte la marche en avant, l'arrêt et la marche en arrière, le tout par action graduée.

Au démarrage, le circuit se ferme d'abord sur l'inducteur, l'induit étant ouvert; puis l'induit se ferme sur une résistance; enfin l'induit se ferme sans résistance et le moteur prend sa marche normale.

La locomotive remorque des trains de 12 wagonnets portant 5 mètres cubes de déblais, soit 13 tonnes et demie à la vitesse de 9 kilomètres à l'heure, y compris les manœuvres dans les gares.

CONCLUSION.

Comme on a pu le voir par l'exposé général de l'exposition minière qui a fait l'objet de nos deux premiers volumes et par l'étude technique, malheureusement trop incomplète à beaucoup d'égards, de la troisième partie, les exploitants et les Gouvernements qui ont pris part à l'Exposition ont fait des envois nombreux et fort intéressants, en sorte que le public a eu sous les yeux la représentation des résultats obtenus et des perfectionnements réalisés dans l'exploitation des mines et les industries qui s'y rattachent. L'importance ainsi spontanément donnée à cette exposition a bien fait ressortir la place que cette branche de l'industrie humaine occupe dans le monde et l'intérêt qui s'attache à son rôle économique et social.

Depuis que le développement régulier du commerce et de l'industrie s'est trouvé favorisé dans le monde entier par une ère prolongée de paix générale, l'accroissement des besoins s'est manifesté d'une façon très rapidement ascendante et les débouchés des matières premières ressortissant de l'industrie minière ont augmenté suivant la même mesure. Les statistiques que nous avons réunies au début de cet ouvrage sont très caractéristiques de ce mouvement et montrent d'une façon frappante, par la progression rapide des chiffres de la production du monde, la mesure dans laquelle l'extraction a dû s'accroître pour satisfaire à la consommation. Cette constatation ne saurait être que très satisfaisante si on la considérait en soi et si on ne remarquait, à un examen plus approfondi, qu'elle a entraîné, et entraîne toujours de plus en plus, des conséquences économiques plus ou moins préoccupantes pour les exploitants et qui découlent de la nature même de cette exploitation dans laquelle la main-d'œuvre entre pour une si grande part.

La conséquence première immédiate de l'augmentation des débouchés et de la consommation a été le développement général intense des exploitations minières en production et en nombre.

Pour quelques régions favorisées d'une façon exceptionnelle, possédant de vastes bassins faciles à mettre en valeur, et des réserves considérables en gisements non encore exploités, ce développement a pu se faire rapidement, sans difficultés et d'une façon normale, comme cela a été le cas pour le Nouveau-Monde; il n'en a pas été de même pour l'Europe.

Là, et en particulier en France, les travaux ont dû être développés en étendue et en profondeur. De nouveaux sièges d'extraction ont dû être créés. En même temps, des recherches s'effectuaient à la surface au moyen de sondages pour découvrir soit des bassins nouveaux, soit des prolongations hypothétiques de bassins connus, soit les extrêmes limites des gîtes concédés.

L'augmentation du nombre des mines et l'intensité de production à laquelle on est arrivé ont amené rapidement une concurrence souvent dangereuse qui n'a fait qu'ac-

croître la tâche des exploitants. Le fait s'est révélé particulièrement par l'envahissement des pays de production secondaire par les produits provenant des régions favorisées possédant de vastes bassins, facilement et économiquement exploitables et dont la mise en valeur pendant les périodes de prospérité peut recevoir en peu de temps toute l'intensité nécessaire. C'est l'exemple que nous ont donné les bassins houillers des États-Unis pendant ces dernières années. Possédant une constitution très favorable aux méthodes perfectionnées d'extraction et d'abatage, ils ont fait preuve d'une activité remarquable qui vient de les mettre à la tête des centres de production du monde. Leurs produits sont arrivés peu à peu à pouvoir concurrencer les autres charbons, même dans les pays de production de ces derniers.

D'autres régions très productives, mais moins bien douées au point de vue des conditions d'exploitation, sont cependant arrivées à exercer une concurrence sérieuse sur les marchés étrangers, grâce soit à une organisation commerciale très forte de syndicats ou de cartells, soit aussi à des primes à l'exportation habilement conçues et réparties. C'est ainsi que l'on a vu et que l'on peut voir encore certains charbons allemands se vendre facilement hors de leur pays d'origine et dans des régions elles-mêmes productives.

Pour toutes ces raisons, extension de la production et développement de la concurrence, les charges qui sont venues s'accumuler sur les exploitations, surtout secondaires, ont augmenté dans une mesure telle que pour beaucoup d'entre elles il s'est imposé comme une nécessité absolue d'apporter à l'exploitation toutes les modifications, tous les perfectionnements susceptibles d'abaisser le prix de revient. C'est surtout en France, où la production est toujours inférieure à la consommation et où, par conséquent, les produits étrangers sont naturellement attirés, que ces effets se sont fait sentir.

En même temps que la concurrence extérieure devenait plus redoutable, des causes intérieures d'augmentation s'imposaient aux exploitants.

Ils ont fait d'abord de grands efforts pour augmenter la sécurité du travail dans les mines et mettre autant que possible les ouvriers à l'abri des accidents inhérents à la profession. Ensuite, ils ont dû tenir compte de cette loi naturelle qui porte les hommes à chercher à augmenter de plus en plus leur bien-être, et par conséquent, pour les ouvriers, à accroître de plus en plus leur salaire. A côté de ces satisfactions des besoins immédiats de l'ouvrier, il en est d'autres non moins humaines et précieuses qui lui ont été données parallèlement, soit par l'initiative des patrons, soit par des mesures législatives ou administratives, institutions patronales de prévoyance, caisses de secours et de retraites, œuvres diverses de mutualité, indemnités et assurances contre les accidents, œuvres d'hospitalisation pour les blessés, etc. De pareilles institutions de solidarité sont la preuve manifeste de la sollicitude des Gouvernements et des sociétés minières en faveur de leur personnel ouvrier. Elles ne peuvent aller qu'en se développant et il est à souhaiter que ce développement s'effectue sous la formule équitable et pondérée qu'il est si difficile de réaliser lorsqu'il s'agit d'intérêts si divers et quelquefois si opposés.

Toutes ces satisfactions données à l'ouvrier, toutes ces concessions consenties par les exploitants de mines ou imposées par la loi, n'ont pas été sans alourdir encore les charges de l'exploitation. Il était donc de nécessité absolue, on le voit, tant par l'augmentation des difficultés techniques que par celles, non moins redoutables, que fait naître le problème social, que l'exploitant cherche tous les moyens possibles d'abaisser le prix de revient, ou tout au moins d'apporter des tempéraments à sa surélévation.

Pour cela, les idées générales qui ont paru prévaloir ont été de restreindre autant que possible la main-d'œuvre de plus en plus coûteuse, et d'augmenter le rendement des ouvriers; cela, en substituant autant que faire se peut, des appareils mécaniques au travail manuel; en développant toutes les mesures propres à favoriser ce travail, par l'augmentation de la sécurité et du bien-être à l'intérieur de la mine, par l'amélioration de l'aérage, des transports et de l'éclairage; en augmentant la puissance de l'outillage et le perfectionnant; en multipliant les applications de la force motrice et étudiant les moyens de rendre cette dernière aussi économique et aussi transportable que possible.

Ce n'est point seulement dans les pays déjà connus ou facilement accessibles que les efforts se sont portés pour le développement de l'industrie extractive. Des missions ont été organisées dans des pays jusqu'ici à peu près inexplorés à ce point de vue, et les différents Gouvernements ont fait procéder à des études minières plus approfondies de leurs possessions coloniales.

Tous ces efforts en vue du développement de la production ont provoqué des perfectionnements importants des méthodes et appareils de sondage, parmi lesquels il faut signaler le battage rapide, l'application très fréquente de l'injection d'eau et le sondage au diamant. A cet égard, il n'est que juste de noter les appareils remarquables qui nous sont venus d'Amérique et qui constituaient une partie si intéressante de l'exposition de ce pays au bois de Vincennes.

Nous avons dit ci-dessus que l'amélioration générale des conditions du travail de l'ouvrier a été obtenue par le développement de l'aérage, de l'éclairage et des mesures diverses de sécurité. Nous avons vu les changements et perfectionnements successifs réalisés dans le mode de ventilation des travaux, la ventilation naturelle et peu active remplacée par la ventilation mécanique si intensive, et à côté du ventilateur Guibal, si connu et si employé, le développement des appareils centrifuges très perfectionnés, dont les deux types principaux sont les ventilateurs Rateau et les ventilateurs Mortier.

Les dispositifs d'aérage secondaire dans l'intérieur se sont également multipliés et améliorés. Les ventilateurs portatifs, soit à air comprimé, soit mus par l'électricité, ont permis de porter l'air jusque dans les parties les plus éloignées de la mine et d'effectuer les travaux de préparation et d'avenir dans les conditions les meilleures de rapidité et de sécurité.

En même temps les mesures propres à surveiller et à contrôler l'aérage sont devenues plus nombreuses et plus précises; et leur effet se fait sentir par l'augmentation de la sécurité et l'adaptation plus rationnelle de la ventilation aux conditions de dégagement des gaz dangereux.

Cette question de l'aérage devient de plus en plus importante d'ailleurs au fur et à mesure que l'exploitation s'approfondit et que le cube d'air frais à envoyer dans les travaux augmente, non seulement pour la sécurité, mais encore pour abaisser la température de l'atmosphère qui croît d'une façon gênante avec la profondeur.

A la lampe de sûreté à l'huile tend à se substituer la lampe à benzine dont l'éclairage est meilleur et n'a pas l'inconvénient des fumées de la lampe à huile. L'emploi d'un liquide plus inflammable a permis l'adaptation à la lampe d'un système de rallumage automatique commode qui donne à l'ouvrier la facilité de rallumer sa lampe quand il veut, en sorte qu'il n'est plus tenté d'ouvrir celle-ci, en cas d'extinction, pour la rallumer dans la mine et qu'il gagne, en outre, le temps nécessaire pour ce rallumage.

Les systèmes de fermetures aux rivets de plomb, hydrauliques, magnétiques se sont également perfectionnés.

Enfin, il faut signaler l'apparition des lampes électriques de mine. C'est, à un certain point de vue, peut-être, l'innovation la plus importante dans cet ordre d'idées. Il est probable que la lampe électrique de mine, lorsqu'elle sera devenue pratique, donnera la solution de ce problème si important de l'éclairage des mines qui exige des conditions presque contradictoires pour l'établissement de la lampe type : puissance et durée de l'éclairage, robustesse, légèreté et petit volume de l'appareil, enfin sécurité absolue.

Les types actuels sont à accumulateurs, ils sont encore un peu lourds. Comme durée et puissance d'éclairage ils n'ont pas encore une grande supériorité sur le type ordinaire. Les essais de ces lampes (Sussmann, Neu-Catrice) se continuent dans les mines et il faut espérer que la pratique de ces appareils nouveaux amènera les perfectionnements souhaités.

La sécurité du travail dans les mines s'est améliorée d'une manière remarquable par la création et l'emploi des explosifs de sûreté et la généralisation de l'emploi du tirage électrique.

Des modes particuliers de soutènement au toit des galeries, tels que le système d'allonges métalliques de Courrières, ont été mis en usage.

Toutes les voies des plans inclinés et toutes les recettes des puits ont été munies d'appareils de sécurité, barrières, taquets, signaux, etc., presque tous automatiques, et les chutes du personnel ou du matériel sont devenues rares.

Les cages des puits ont reçu des parachutes de divers systèmes. Enfin le service de l'extraction a adopté des mesures de plus en plus complètes pour éviter les accidents qui peuvent résulter soit d'une avarie ou d'un arrêt possible de la machine, soit d'un emballement de cette dernière par défaut de surveillance du mécanicien. Nous citerons notamment l'adoption des freins normalement serrés disposés sur les machines d'extraction et treuils divers. Enfin on a imaginé de nouveaux appareils évite-molettes mécaniques ou électriques, dont quelques-uns très ingénieux. Leur défaut commun est encore d'être assez compliqué, d'un fonctionnement délicat et d'exiger une surveillance et un contrôle assidus.

En résumé, de grands progrès ont été réalisés dans la sécurité du travail des mines et de nombreux accidents ont pu être évités, grâce à ces nouveaux systèmes et appareils.

Le développement et les perfectionnements apportés dans l'outillage et dans les moyens d'action mécaniques de la mine ont été non moins importants et leur influence sur l'économie générale et le rendement de l'exploitation est très sensible, car elle s'exerce sur presque tous les services intérieurs et extérieurs de la mine et tend à restreindre le rôle de la main-d'œuvre dont nous avons montré précédemment le coût élevé.

A noter surtout dans ces innovations l'apparition d'appareils pratiques d'abatage mécanique et l'application de l'électricité comme agent de transmission d'énergie aux divers appareils et aux transports. Nous avons déjà signalé son emploi dans l'éclairage.

L'abatage est peut-être le service de la mine où l'importance du travail accompli dans un temps donné a le plus d'influence par le rendement général de l'exploitation. Au travail forcément limité de l'ouvrier muni seulement de son pic et de ses outils de minage à la main, on a cherché depuis longtemps à substituer le travail d'outils mécaniques appropriés et permettant d'opérer rapidement la sous-cave ou hâvage, les coupures verticales ou en tailles et les trous de mine. On a vu apparaître alors les perforatrices rotatives à main, au début lourdes et encombrantes, puis les perforatrices à percussion permettant le travail dans les roches dures. Ce matériel s'est perfectionné dans une mesure considérable et s'est augmenté de machines nouvelles à déhouiller, d'abord compliquées et volumineuses, devenues ensuite dans ces derniers temps relativement simples et réellement pratiques.

Tout ce matériel correspond naturellement à des conditions de travail différentes et telle machine à grand rendement fonctionne régulièrement dans certaines mines des États-Unis qui se trouve être entièrement rejetée par les mines françaises par exemple, dont la nature et la disposition des couches est entièrement différente. Nous ne nous arrêterons pas à cette particularité bien connue, que nous avons déjà signalée, et nous nous bornerons à caractériser les perfectionnements généraux de ces appareils.

Dans les perforatrices mécaniques, l'application de l'air comprimé s'est généralisée et les systèmes, qui se sont multipliés, présentent presque tous des conditions analogues de fonctionnement. Le poids a été diminué, l'appareil est devenu réellement pratique, son fonctionnement sûr et le travail produit économique. Deux innovations importantes ont été apportées à ces appareils qui améliorent encore leur rendement et leur commodité.

L'une consiste dans l'injection d'eau dans le fleuret pendant le travail, et l'autre dans l'application du moteur électrique à la perforatrice. On connaît l'importance de l'injection d'eau dont le principe a été posé par Fauvelle et qui a été réalisé d'abord avec succès dans les appareils de sondage. Les expériences faites sur des perforatrices à injection confirment d'ailleurs les données des constructeurs et montrent dans quelle proportion le travail peut être accru.

L'application de l'électricité à la perforatrice à percussion a rencontré des difficultés

de réalisation pratique qui ont arrêté pendant longtemps les constructeurs. Elles consistaient dans la nécessité de transformer le mouvement de rotation du moteur en un mouvement de va-et-vient élastique et susceptible de varier dans une grande mesure. Nous avons vu comment ces difficultés avaient été ingénieusement et pratiquement résolues par deux constructeurs. De ce fait, ce service si important devenait susceptible de participer à l'économie notable qu'apporte l'emploi de l'énergie électrique dans l'exploitation.

A côté de ces appareils de perforation, qui permettent, par certaines dispositions d'affût ou de chariot porteur, de réaliser le hâvage par percussion, nous avons à citer l'apparition des hâveuses à chaînes américaines perfectionnées. Ces machines sont devenues relativement légères et permettent un travail facile dans les couches régulières et peu inclinées de charbon pur et homogène. L'application des moteurs électriques à ces hâveuses a rendu leur travail plus souple et leur forme plus compacte. Nous avons vu, d'ailleurs, leur rendement considérable, qui a déterminé les mines françaises à essayer de les modifier et de les adapter à leur service.

Enfin, les carrières ont vu paraître un nouvel appareil qui améliore considérablement leur travail: cet appareil, qui réalise l'emploi pratique du fil hélicoïdal pour la taille des roches, a été perfectionné et est susceptible d'applications nombreuses qui se révèlent chaque jour (ardoisières, etc.).

On ne saurait trop insister sur cette question de l'abatage mécanique. Réalisé avec des explosifs appropriés il procure des améliorations très considérables, non seulement dans le rendement immédiat, mais encore dans la qualité des charbons abattus. C'est pourquoi ces progrès sont à signaler particulièrement; ils intéressent toutes les mines pour lesquelles cette question est quelquefois vitale, ou du moins tend de plus en plus à le devenir.

L'application de l'électricité dans les mines a été étudiée depuis longtemps. Elle n'est devenue possible que depuis les progrès considérables survenus récemment dans l'électrotechnique; dès que les conditions générales du fonctionnement des appareils électriques et du transport de l'électricité ont été mieux connues, on a compris bien vite tout l'intérêt qu'une telle question comportait pour l'exploitation minière. Celle-ci, en effet, est peut-être celle dont le travail est le plus dispersé et le plus varié; installations de la surface, services du fond à différents niveaux, éclairage, transports, tous ses services en un mot relèvent de la distribution de l'énergie sous toutes ses formes. Or, jusqu'ici, on ne disposait pour celle-ci que de la vapeur ou de l'air comprimé. Dans certains cas on a aussi adopté la transmission hydraulique. Mais toutes ces formes de l'énergie ou de sa transmission avaient le grave défaut du manque de souplesse et surtout du faible rendement, inconvénient particulièrement grave de l'air comprimé.

Or l'électricité présente, au contraire, des avantages très marqués à ce point de vue. Elle permet la concentration de la production de la force au point le plus favorable; quelquefois même elle a permis l'utilisation, pour cette production, de chutes d'eau voisines, et même de venues d'eau régulières sous pression dans les travaux. Elle peut

se transporter à de grandes distances, sans pertes trop considérables, d'une façon simple et permettant à un haut degré la division et la dispersion des points d'utilisation. Enfin elle a donné la possibilité de réaliser des moteurs légers, compacts, appropriés à tous les services, et dont le fonctionnement est simple et économique. Toutes ces qualités feraient d'elle l'agent d'énergie par excellence, si elles n'étaient compensées par l'inconvénient des étincelles aux moteurs ou aux câbles, et des courts-circuits, qui, dans l'exploitation des mines grisouteuses ou poussiéreuses, constituent des obstacles très sérieux à son utilisation, en raison du grave danger qu'ils font courir.

Des perfectionnements dans les câbles et dans les moteurs ont restreint cet inconvénient, comme nous l'avons montré, mais il n'en existe pas moins des cas où la prudence empêche l'emploi de l'électricité.

Partout ailleurs les applications se multiplient : préparation mécanique, treuils, balances, pompes, ventilateurs, perforatrices, tous les appareils se relient au réseau général. La traction mécanique, dans les mines qui permettent l'usage du trolley, commence à se réaliser. Dans d'autres cas, on étudie des locomotives à accumulateurs, qui, malgré leurs inconvénients, améliorent dans une proportion sensible le service important du roulage intérieur ou extérieur. L'éclairage relève également de l'électricité, soit par application directe des lampes sur les canalisations, soit par l'emploi des lampes de sûreté à accumulateurs chargés à la station centrale ou à une station secondaire, au besoin munie de commutatrices.

On voit, par cet exposé sommaire, toute l'importance que présente l'apparition dans l'industrie minière de cette nouvelle forme de l'énergie, si récente encore et cependant déjà si précieuse.

On a vu par ce résumé rapide les progrès principaux qui ont amélioré l'exploitation et accru son rendement. Cet exposé, toutefois, ne serait pas complet si l'on omettait les améliorations survenues dans les autres parties de la mine.

Il suffit de rappeler ce que nous avons vu dans divers chapitres de ce volume pour qu'on se rende compte que toutes les parties de la science des mines ont été l'objet d'études et de perfectionnements. Pour les travaux intérieurs on a vu exposer les applications du béton de ciment pour les revêtements ou les serrements; les ateliers de préparation des charbons sont pourvus de dispositions nouvelles qui tendent à développer l'automatisation complète de l'installation, à permettre la variation à volonté du classement des charbons et la recomposition, etc.

Enfin, dans la fabrication du coke, il faut signaler l'importance des procédés de récupération des sous-produits qui sont appliqués à l'heure actuelle d'une façon de plus en plus générale, et qui permettent la réalisation d'économies notables, non seulement par la valeur des sous-produits récupérés, mais encore par l'utilisation rationnelle dans des installations annexes de chaudières des chaleurs perdues et des gaz combustibles non brûlés dans les fours. D'autres améliorations encore ont été constatées, dans le cours de ce travail, que nous ne pouvons citer ici.

Comme on le voit par cet examen général, les principes fondamentaux que nous avons signalés au début ressortent bien des idées qui ont présidé aux changements, perfectionnements et innovations apportés dans l'art des mines. Nous n'avons pu citer dans ce volume qu'une faible partie de ce qui a été fait depuis dix ans (nous en avons dit les raisons dans le préambule) et cependant de cette étude incomplète nous paraît se dégager d'une façon assez claire l'esprit du développement minier pendant les dernières années.

Ce développement, avec les changements qu'il apporte dans toutes les branches de l'industrie minière, devient chaque jour plus intense, et bientôt les données de ce rapport seront distancées et reléguées dans le domaine du passé de la science des mines. C'est que les questions économiques et sociales si fondamentales que nous avons signalées deviennent chaque iour plus pressantes et plus graves.

Toutefois, le rôle de ce rapport aura été accompli. Il aura servi à l'histoire d'une période peut-être décisive de la vie de cette industrie; cela suffit à en justifier l'utilité.

TABLE DES FIGURES

DU TROISIÈME VOLUME.

TROISIÈME PARTIE.

APPAREILS, PROCÉDÉS ET MÉTHODES.

CHAPITRE PREMIER. — Abatage. — Sondage. — Travail des roches :

1° Abatage :

Pages.

Fig. 1. Pic à lame amovible «Acmé» (Hardy Patent Pick C°) 12
2. Pic «Universal» à lame amovible (Hardy Patent Pick C°) 12
3. Coin mécanique Levet 13
4. Perforatrice à main «Le Jubilé» (Bornet) 14
Perforatrice à main système Heise 15
Perforatrice à main «Ratchet» (Hardy Patent Pick C°) 16
. Perforatrice à main «Ratchet» (détails) 17
8. Perforatrice à main «Elliott» (Hardy Patent Pick C°) 18
9. Perforatrice à main «Elliott» (détails) 18
10. Perforatrice à air comprimé «The little Giant» 19
11. Perforatrice à air comprimé «The Slugger» 20
12. Types divers de supports pour perforatrices Rand Drill 21
13. Trépieds des perforatrices Rand Drill 22
14. Perforatrice à air comprimé «The New Ingersoll» 23
15. Perforatrice à air comprimé type «Sergeant» 23
16. Perforatrice à air comprimé type à taquet et soupape à arc 24
17. Perforatrice à air comprimé de la Hardy Patent Pick C° 25
18. Disposition des glissières de la perforatrice Hardy Patent Pick C° 26
19. Perforatrice Hollmann à air comprimé «The Cornish» 27
20. Perforatrice J. François. Coupes longitudinale et transversale 28
21. Perforatrice J. François sur affût dite «Bosseyeuse de Sept» 29
22. Perforatrice électrique à rotation Siemens et Halske 30
23. Perforatrice électrique à rotation Siemens et Halske mue directement par moteur électrique. Distribution de l'eau pour l'injection 31
24. Perforatrice électrique Siemens et Halske à percussion 32
25. Caisse et moteur électrique pour perforatrices Siemens et Halske 33
26. Tambour d'enroulement des câbles électriques desservant les perforatrices électriques Siemens et Halske 34
27. Perforatrice à rotation Bornet 35
28. Perforatrice à percussion Bornet 35
29. Hâveuse à percussion Bornet 37
30. Affût à une perforatrice à percussion à injection d'eau, système Bornet, mue par l'électricité 39
31. Perforatrice différentielle, système Collin Daubiné, montée sur un truck et mue par l'électricité 41
32. Détails de la perforatrice Collin Daubiné 42

IMPRIMERIE NATIONALE.

CHAPITRE PREMIER. — Abatage. — Sondage. — Travail des roches (Suite) :

1° Abatage (Suite) :

Fig. 33. Perforatrice Collin Daubiné (détails de la mèche) 42
34. Exécution d'un hâvage avec la perforatrice Collin Daubiné 42
35. Hâveuse Ingersoll, coupe 44
36. Hâveuse Ingersoll pratiquant une sous-cave 44
37. Hâveuse Ingersoll pratiquant une coupure verticale 45
38. Hâveuse disposée pour le travail vertical 46
39. Hâveuse à faux dentée de la Compagnie de Commentry-Fourchambault et Decazeville 47
40. Hâveuse électrique à chaîne Jeffrey, type 17 A 49
41. Couteaux de la hâveuse à chaîne Jeffrey 50
42. Hâveuse à chaîne Jeffrey 17 A installée sur le front de taille 51
43. Hâveuse électrique à chaîne Jeffrey, type 16 A 52
44. Truck pour le transport des hâveuses Jeffrey 53
45. Hâveuse électrique Jeffrey 17 A montée sur son truck avec son moteur disposé pour la marche 53
46. Coupeuse Jeffrey montée sur colonnes 54

2° Sondage :

47. Disposition générale d'une installation de sondage de la Oil Well Supply C° et détail des pièces qui la composent 56
48. Bâtiment de protection de l'installation pour sondage à la corde (Oil Well Supply C°) 57
49. Sondage à la corde (Oil Well Supply C°). Mode particulier de manœuvre de la corde 58
50. Assemblages des tuyaux et tubes pour les sondages (Oil Well Supply C°) 59
51. Mode d'attache du câble aux tiges de sonde (Oil Well Supply C°) 60
52. Tête de tige de sonde (Oil Well Supply C°) 60
53. Appareil pour visser et dévisser les tiges de sonde (Oil Well Supply C°) 60
54. Mode d'attache du câble à la chaîne d'attache du balancier (Oil Well Supply C°). 61
55. Installation pour le pompage du pétrole (Oil Well Supply C°) 61
56. Tubage d'un sondage à pétrole (Oil Well Supply C°) 62
57. Schéma de l'installation Lippmann pour le battage rapide 63
58. Disposition de la nouvelle coulisse Lippmann 64
59. Appareil de sondage, système Raky, et son installation 67
60. Schéma de l'appareil de battage rapide à course variable instantanée, système P. Arrault 69
61. Accroche-tube, système P. Arrault 71
62. Appareil de sondage au diamant, système Woïslaw. Type portatif et manœuvrable à la main 74
63. Perforatrice rotative à diamant, système Woïslaw-Koulecha 77
64. Perforatrice Woïslaw-Koulecha. Détails et coupe transversale 79
65. Perforatrice Woïslaw-Koulecha. Détails et coupe 80
66. Perforatrice à diamant Bullock (tête pivotante ouverte) 82
67. Perforatrice à diamant Bullock (tête pivotante fermée) 83
68. Perforatrice à diamant Bullock, schéma du mécanisme 83
69. Perforatrice à diamant Bullock à avancement hydraulique 84
70. Perforatrice à diamant Bullock. Tête porte-diamants 85

CHAPITRE PREMIER. — Abatage. — Sondage. — Travail des roches (Suite) :

2° Sondage (Suite) :

Fig. 71. Coupe des terrains traversés par le puits d'Auboué 86
72. Fonçage par congélation du puits d'Auboué. Disposition et déviation des sondages. 87
73. Méthode de mesure de la déviation des sondages 91
74. Méthode de mesure de la déviation des sondages. Épures 93

3° Travail des roches :

75. Excavateur Sergeant sur rail 94
76. Excavateur automatique à barre, système Sergeant 95
77. Scie diamantée de M. Fromholt. Détails de la lame 96
78. Scie diamantée de M. Fromholt. Plan et coupe de l'installation 98

CHAPITRE II. — Explosifs et appareils de mise de feu :

Fig. 79. Coupe de la cartouche Favier 105
80. Exploseur électrique C. Gomant 109
81. Exploseur électrique C. Gomant. Système de commutation 110
82. Exploseur électrique Barbier 111
83. Exploseur électrique Barbier. Schéma des connexions 111
84. Exploseur électrique Siemens et Halske. Schéma 112
85. Exploseur électrique Siemens et Halske 113
86. Amorce de sûreté et pistolet allumeur Davey Bickford-Smith 114
87. Coup de poing allumeur Kiusmen 115
88. Station d'essai des explosifs de mine de Woolwich. Plan général 117
89. Station d'essai des explosifs de mine de Woolwich. Élévation 118

CHAPITRE III. — Travaux divers et installations intérieures :

Fig. 90. Revêtement en béton d'un puits des mines de la Société Cockerill 122
91. Chambre souterraine en béton des mines de la Société Cockerill 123
92. Serrement en béton des mines de la Société Cockerill 124
93. Palier gabarit pour le revêtement d'un puits et cintre mobile (mines d'Ougrée). 126
94. Approfondissement et revêtement monolithe simultanés d'un puits en béton (mines d'Ougrée) 128
95. Approfondissement et revêtement monolithe simultanés d'un puits en béton (mines d'Ougrée) 129
96. Segment pour le cuvelage de la fosse 8 *bis* des mines de Béthune 132
97. Reprise de la fosse n° 4 des mines de Béthune 135
98. Régime de l'épuisement de la fosse n° 8 des mines de Béthune 136
99. Mode de fonçage du puits d'aérage du siège Sainte-Barbe 138
100. Guidage par longrines éclissées (mines de Montrambert) 140
101. Encagement et décagement automatique des mines d'Anzin. Manœuvre des taquets hydrauliques à la recette supérieure 141
102. Encagement et décagement automatique des berlines de la fosse d'Arenberg (mines d'Anzin). Manœuvres des berlines 143
103. Encagement automatique des mines de Dourges. Recette du fond 145
104. Cage à planchers mobiles des mines de Dourges. Détail des taquets 146
105. Chariot porteur du plan incliné des mines de Courrières 148

CHAPITRE III. — Travaux divers et installations intérieures (Suite) :

Fig. 106. Contrepoids du plan incliné à chariot-porteur des mines de Courrières..... 148
107. Cage de balance guidée par câbles des mines de Courrières..... 149
108. Contrepoids de balance des mines de Courrières..... 150
109. Frein de balance pour beurtia des mines de Courrières..... 150
110. Installation d'une balance et d'un beurtia à l'exposition minière souterraine par les mines de Lens..... 153

CHAPITRE IV. — Méthodes nouvelles :

Fig. 111. Méthode d'exploitation des mines de la Grand'Combe. Ensemble d'une taille chassante..... 156
112. Méthode d'exploitation des mines de la Grand'Combe. Détail d'un chantier... 157
113. Méthode d'exploitation des mines de la Société des Aciéries de France. Création d'un étage..... 160
114. Traçage et déhouillage d'une tranche (mines des Aciéries de France)..... 161
115. Déhouillage d'une tranche (mines des Aciéries de France)..... 162
116. Conduite d'un chantier de dépilage (mines des Aciéries de France)..... 164
117. Exploitation par puits et chambres de dissolution des mines de sel d'Aussee. Phases successives d'une opération..... 167
118. Exploitation par puits et chambres de dissolution des mines de sel d'Aussee. Élévation et plan. État de l'exploitation après quatre opérations..... 168
119. Four salogène rotatif, système Gorgo, des salines de Volterra. Élévations.... 170
120. Four salogène rotatif, système Gorgo, des salines de Volterra. Coupes diverses. 171
121. Coupe verticale Nord-Sud d'une veine ardoisière dans le terrain silurien de l'Anjou..... 174
122. Coupe verticale en travers d'une veine de 20 à 60 mètres de puissance et du puits d'extraction..... 175
123. Plan représentant les diverses phases de l'ouverture des chambres..... 175
124. Coupe verticale d'une chambre normalement au fil de pierre pour montrer la foncée du premier banc..... 176
125. Coupe d'une chambre pour montrer l'abatage du deuxième banc d'une tranche et la création du réseau de galeries de la tranche suivante..... 176
126. Remblayage d'une tranche de 8 mètres pendant l'enlèvement de son second banc. 177
127. Vue en plan d'une chambre pendant le remblayage et l'abatage du second banc en supposant la voûte enlevée..... 177
128. Vue en coupe des travaux préparatoires dans une veine de plus de 60 mètres d'épaisseur..... 178
129. Plan d'ensemble d'une exploitation avec deux jeux de chambres symétriques.. 179
130. Coupe suivant la direction de la veine d'une exploitation par remblais latéralement à un ancien fond sous voûte..... 180

CHAPITRE V. — Machines d'extraction. — Câbles d'extraction :

Fig. 131. Extraction à grandes profondeurs. Schéma du système Desprez..... 184
132. Extraction à grandes profondeurs. Dispositif de la maison Stein..... 186
133. Machine d'extraction, système Morgans, installée à «Dolcoath Mine»..... 187
134. Machine d'extraction, système Morgans. Élévation latérale..... 188
135. Machine d'extraction, système Morgans. Conduites de vapeurs (joints)..... 188
136. Machine d'extraction des mines d'Anzin (fosse d'Arenberg)..... 190
137. Machine d'extraction des mines d'Anzin (fosse d'Arenberg). Coupe longitudinale. 191

CHAPITRE V. — Machines d'extraction. — Câbles d'extraction (Suite) :

Fig. 138. Machine d'extraction des mines d'Anzin (fosse d'Arenberg). Coupes transversales suivant 1-2 et 3-4 193
139. Machine d'extraction du puits Saint-Dominique (La Béraudière) 194
140. Machine d'extraction du puits Saint-Dominique (La Béraudière). Détail des soupapes Collmann à amortisseur de chute 196
141. Machine d'extraction du puits Saint-Dominique. Fondations 197
142. Équipement électrique du treuil des mines de Lens 202
143. Treuil électrique des mines de la Grand'Combe 203
144. Treuil Galland, série A 206
145. Treuils électriques Galland. Types de 5 et de 50 chevaux 207
146. Treuil universel Fournier-Cornu avec un seul tambour, débrayage et poulie Champigny 208
147. Changement de marche par excentrique coulissant (Fournier-Cornu) 210
148. Changement de marche Fouquemberg (treuils Pinette) 212

CHAPITRE VI. — Appareils de sécurité :

Fig. 149. Emploi d'un soutènement provisoire par allonges métalliques (mines de Courrières) 216
150. Évite-molettes des mines de Liévin. Mécanismes d'embrayage ou débrayage de l'appareil et d'ouverture ou fermeture de vapeur 219
151. Évite-molettes des mines de Liévin. Système d'ouverture ou fermeture de vapeur actionné par le plateau D 221
152. Évite-molettes des mines de Liévin. Mécanisme de réglage des vitesses et de mise en action du frein 222
153. Dispositif de sécurité système Foby, des mines de Dourges 224
154. Évite-molettes des houillères de Saint-Étienne. Plan général 227
155. Évite-molettes des houillères de Saint-Étienne. Mécanisme automatique du frein à air comprimé 229
156. Évite-molettes des houillères de Saint-Étienne. Mécanisme du renversement automatique de la marche des machines 231
157. Évite-molettes des houillères de Saint-Étienne. Mécanisme de commande du tiroir à air comprimé 232
158. Schéma d'ensemble des dispositifs Reumeaux adaptés aux machines d'extraction. 235
159. Évite-molettes électrique, système Massaux (charbonnages belges de Frameries). 237
160. Évite-molettes électrique, système Massaux. Schéma des connexions 238
161. Appareil de sécurité de la machine d'extraction des mines d'Anzin. Schéma des connexions des différents appareils 240
162. Cage d'extraction des mines de Lens avec parachute Taza-Villain 242
163. Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des mines de Lens. Coupe verticale montrant la disposition de la sonnerie et l'enclenchement des barrières d'accrochage 244
164. Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des mines de Lens. Coupe verticale longitudinale montrant la fermeture latérale du puits et l'enclenchement des robinets des taquets 245
165. Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des mines de Lens. Coupe verticale montrant la disposition des barrières côté du petit accrochage 246
166. Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des mines de Lens. Vue en plan de l'entrée du puits au-dessus des barrières d'accrochage. 247

CHAPITRE VI. — Appareils de sécurité (Suite) :

Fig. 167. Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des mines de Lens. Demi-coupe (à gauche) horizontale montrant la disposition des cylindres et des sommiers des taquets. — Demi-vue (à droite) du plan au niveau des sommiers d'accrochage..... 247
168. Installation des taquets hydrauliques et des barrières d'accrochage des mines de Lens. Coupe verticale transversale montrant la disposition des barrières, côté du grand accrochage..... 248
169. Parachute Malissard..... 250
170. Barrière Warocqué..... 251
171. Barrière de sûreté automatique des mines de Béthune..... 252
172. Barrière de sûreté automatique des mines de Béthune (barrière ouverte)..... 253
173. Barrière de sûreté automatique des mines de Béthune (barrière fermée)..... 254
174. Butée de sûreté (cœur à perroquet), pour emballage de beurtia (mines de Courrières)..... 255
175. Dispositif de sûreté de plan incliné (mines de Courrières)..... 256
176. Taquet à chaîne des descenderies des mines de Courrières..... 257
177. Système de fermeture dit «fusil» des plats intermédiaires dans les descenderies des mines de Courrières..... 258
178. Servante pour descenderie des mines de Courrières..... 259
179. Barrières de sûreté semi-automatiques des mines de Montrambert..... 260
180. Parachute automatique Marsaut pour les trains ouvriers circulant dans les plans inclinés (mines de Bessèges)..... 261

CHAPITRE VII. — Pompes.

Fig. 181. Pompe centrifuge Galland..... 264
182. Pompe centrifuge Gallaud. Coupe..... 264
183. Pompes d'épuisement jumelles à transmission hydraulique, système Kaselowsky (mines de la Béraudière)..... 265
184. Pompe Kaselowsky. Distribution..... 266
185. Pompe Kaselowsky. Ensemble de l'installation du jour..... 267
186. Pompe Kaselowsky. Disposition de la tuyauterie dans le puits..... 268
187. Pompe d'épuisement électrique des mines de Carmaux..... 269
188. Pompe électrique Pinette des mines de la Grand'Combe..... 271
189. Compresseur pour l'alimentation du réservoir d'air de la pompe Pinette..... 272
190. Pompe express à commande électrique directe, système Riedler. Ensemble de la pompe et de son moteur..... 274
191. Pompe express Riedler. Plan et coupe..... 275
192. Pompe express Riedler. Coupe générale..... 276
193. Pompe express Riedler. Détail des soupapes..... 276
194. Pompe électrique triplex à commande directe, système Ehrhardt et Sehmer... 277
195. Pompe électrique triplex à commande directe, système Ehrhardt et Sehmer. Coupe..... 278

CHAPITRE VIII. — Compresseurs d'air :

Fig. 196. Compresseur d'air Ingersoll «Compound» Corliss horizontal (schéma)..... 280
197. Compresseur d'air rectiligne Ingersoll Sergeant (schéma)..... 281
198. Compresseur d'air rectiligne Ingersoll Sergeant..... 282

CHAPITRE VIII. — Compresseurs d'air (Suite) :

Fig. 199. Réfrigérateur intermédiaire des compresseurs Ingersoll Sergeant..... 283
200. Cylindre des compresseurs d'air Ingersoll avec admission par le piston..... 284
201. Cylindre des compresseurs d'air Ingersoll avec admission d'air par soupapes sur le cylindre..... 284
202. Compresseur d'air Rand Drill. Compound Corliss (air et vapeur)..... 286
203. Compresseur d'air Rand Drill. Système rectiligne..... 287
204. Compresseur d'air Rand Drill rectiligne. Détail des pièces du bâti..... 289
205. Soupapes à poupées commandées mécaniquement (compresseurs Rand Drill). 290
206. Cylindre de compresseur Rand Drill montrant la disposition des soupapes à poupées libres et les soupapes Corliss..... 290
207. Compresseur d'air Duplex Rand Drill avec le régulateur à air..... 292
208. Compresseur d'air Pinette. Coupe du cylindre en trois positions caractéristiques du piston et du tiroir..... 293
209. Détail du cylindre du compresseur Weiss Pinette avec son tiroir de distribution..... 293
210. Compresseur d'air Pinette. Tiroir de distribution système Weiss à clapets oscillants..... 294
211. Coupe du tiroir Weiss à clapets oscillants montrant la disposition des lumières de refoulement..... 295
212. Graisseur automatique système Weiss, pour les compresseurs d'air..... 296
213. Compresseur d'air J. François..... 298
214. Régulateur de pression dans les réservoirs à air comprimé des mines de Lens. 299

CHAPITRE IX. — Aérage. — Appareils divers :

Fig. 215. Ventilateur centrifuge Rateau, ouïe enlevée..... 304
216. Ventilateur centrifuge Rateau. Coupe perpendiculaire à l'axe..... 304
217. Ventilateur centrifuge Rateau. Coupe par l'axe de la turbine..... 305
218. Turbine du ventilateur hélicoïde Rateau..... 306
219. Vue en coupe d'un ventilateur hélicoïde Rateau avec distributeur à ailes fixes et diffuseur annulaire..... 306
220. Installation d'un ventilateur hélicoïde Rateau de $1^m 600$ aux mines du Cros (Saint-Étienne)..... 307
221. Disposition schématique du ventilateur Mortier..... 309
222. Installation d'un ventilateur Mortier de $1^m 800 \times 1^m 400$. Élévation. Coupe... 310
223. Installation d'un ventilateur Mortier de $1^m 800 \times 1^m 400$. Plan..... 311
224. Ventilateur multiplicateur Mortier..... 312
225. Courbes caractéristiques d'un ventilateur Mortier de $2^m 40 \times 1^m 90$ à la vitesse circonférentielle de $36^m 50$, soit 290 tours (mines de Lens)..... 312
226. Ventilateur soufflant Fournier-Cornu..... 313
227. Disposition du coin de réglage du ventilateur Fournier-Cornu..... 314
228. Coupes longitudinale et transversale d'un ventilateur, système Geneste-Herscher. 316
229. Essais d'un ventilateur, système Geneste-Herscher, de $0^m 60$ de diamètre. Modèle réduit du type spécial aspirant pour mines..... 317
230. Courbes caractéristiques d'un ventilateur Geneste-Herscher (mines de Blanzy). 318
231. Réchauffeur d'air des mines de Montrambert et de la Béraudière..... 320
232. Chambre pour l'étude des gaz enfermés dans les vieux travaux (mines de Ronchamp)..... 323
233. Appareil pour l'essai de l'atmosphère des vieux travaux (mines de Ronchamp). 324

CHAPITRE IX. — Aérage. — Appareils divers (Suite) :

Fig. 234. Appareil pour l'essai de l'atmosphère des vieux travaux (mines de Ronchamp). Détail du brûleur. 326
235. Appareil doseur d'oxygène (mines de Ronchamp) 326
236. Principe de l'autocapteur pour air de mine de M. Petit 328
237. Schéma de l'autocapteur de M. Petit disposé pour plusieurs prises successives. 328
238. Autocapteur pour air de mine, système Petit 331
239. Appareil enregistreur du volume d'air circulant par seconde dans une galerie de mine, système Murgue (mines de Montrambert) 333
240. Grisoumètre Le Chatelier. construit par la maison Golaz. 336
241. Lampe grisoumétrique Chesneau 339

CHAPITRE X. — Lampes de mines :

Fig. 242. Lampe de sûreté à benzine, système Wolf 343
243. Fermeture de sûreté de la lampe Wolf, à fonctionnement magnétique. 344
244. Rallumeur à friction de la lampe de sûreté Wolf à benzine. 345
245. Manifestations de la lampe Wolf à benzine dans une atmosphère grisouteuse. 346
246. Appareil de remplissage automatique pour lampes de sûreté Wolf à benzine. 347
247. Lampe de sûreté à benzine des mines de Lens. 348
248. Lampe de sûreté Best, à allumeur électrique 349
249. Lampe de sûreté Best, à allumeur électrique. Réservoir 350
250. Lampe de sûreté des mines de Béthune. 352
251. Appareil d'essai des lampes de mine des mines de Liévin 353
252. Lampe de sûreté électrique de mine, système Sussmann (type anglais) 355
253. Lampe de sûreté électrique de mine, système Sussmann (type belge de la Compagnie de Charbonnages belges à Frameries). 355
254. Station de charge des lampes électriques de mine, système Sussmann (Compagnie de Charbonnages belges à Frameries) 356
255. Lampe électrique de mine Neu-Catrice. 358
256. Grille unitaire de l'accumulateur (lampe Neu-Catrice) 358

CHAPITRE XI. — Appareils de laboratoire :

Fig. 257. Obus calorimétrique de M. P. Mahler 362

CHAPITRE XII. — Appareils de préparation mécanique des charbons et minerais :

Fig. 258. Schéma du broyeur Devil (Hardy Patent Pick C°). 367
259. Broyeur Devil (Hardy Patent Pick C°) 367
260. Schéma du broyeur multiple (Hardy Patent Pick C°). 368
261. Broyeur multiple (Hardy Patent Pick C°). 368
262. Crible Coxe à béquilles (maison Galland). 369
263. Crible Coxe. Galet biconique et son chemin de roulement (maison Pinette) . . 370
264. Schéma du dispositif vibro-moteur du crible Hardy. 371
265. Crible vibro-moteur Hardy. 371
266. Installation complète d'un crible Hardy 372
267. Table tournante système Lenicque. 376
268. Délayeur-livreur pour table tournante système Lenicque. 377
269. Schéma du criblage de la fosse n° 9 des mines de Béthune (plan et élévation). 380

CHAPITRE XII. — Appareils de préparation mécanique des charbons et minerais (Suite) :

Fig. 270. Installation complète d'un lavoir à charbon Elliott 383
271. Installation de classification, lavage et mélange de charbons des mines d'Aniche (E. Coppée). 385
272. Installation de classification, lavage et mélange de charbons des mines d'Aniche (E. Coppée). Coupes 386
273. Lavoir des mines d'Aniche (système E. Coppée). Circuit des eaux de lavage pour les différentes marches possibles 388

CHAPITRE XIII. — Manutention des charbons et minerais. — Transporteurs. — Culbuteurs.

Fig. 274. Détails du culbuteur Rigg 391
275. Transporteur Kreiss 392
276. Détail de la disposition des rouleaux-guides du transporteur Robins 393
277. Plan et élévation des deux extrémités de la courroie transporteuse Robins 394
278. Coupe de la courroie transporteuse Robins 394
279. Déchargeur automatique de la courroie Robins 395
280. Toile des mines de Lens 397
281. Quai d'embarquement des mines de Béthune 398
282. Quai d'embarquement des mines de Béthune. Vue de face d'un culbuteur 399
283. Culbuteur du quai d'embarquement des mines de Béthune. Coupe transversale. 400
284. Quai d'embarquement des mines de Béthune. Touret pour la chaîne de touage. 401
285. Mise à terril mécanique, système Lévêque, des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune (Belgique) 403

CHAPITRE XIV. — Agglomérés :

Fig. 286. Machine à agglomérer, à triple compression (Couffinhal et ses fils). Modèle 1900. 405
287. Machine à agglomérer, à triple compression (Couffinhal et ses fils). Détails, coupes, plans et élévations 406
288. Machine à agglomérer, à double compression, système Couffinhal (ateliers de la Chaléassière) 408
289. Machine à agglomérer, à double compression, système Couffinhal (ateliers de la Chaléassière). Élévation, plan et coupes 410
290. Presse à agglomérés ovoïdes de l'Horme et la Buire 413
291. Installation d'une usine à agglomérés ovoïdes (l'Horme et la Buire) 414

CHAPITRE XV. — Fours à coke — Fabrication du coke :

Fig. 292. Fours à coke à récupération des sous-produits, système Semet-Solvay 418
293. Fours à coke à récupération des sous-produits, système Ev. Coppée 422
294. Fours à coke, système Collin, à récupération des sous-produits (charbonnages de Marihaye) 425
295. Disposition générale des fours à coke, du bâtiment de la récupération et des appareils pour l'épuration et la distillation du gaz, système Collin (charbonnages de Marihaye) 426
296. Coupes générales de l'usine à récupération de sous-produits des charbonnages de Marihaye 428
297. Procédé de compression du coke pendant la distillation (mines d'Albi) 429
298. Défourneuse électrique des mines de Carmaux 430

CHAPITRE XVI. — Applications de l'électricité dans les mines :

Fig. 299. Station centrale d'électricité des charbonnages de l'Espérance et de Bonne-Fortune (Belgique) 437
300. Schéma de la distribution électrique dans les charbonnages de l'Espérance et de Bonne-Fortune (Belgique) 440
301. Schéma de l'ensemble de la station centrale électrique des mines de la Grand'-Combe 442
302. Schéma de la distribution de l'énergie électrique des mines de la Grand'-Combe 444
303. Installations électriques des mines de Carmaux. Station centrale de 1400 HP. 444
304. Installations électriques des mines de Carmaux. Réseau des lignes principales. 448
305. Installations électriques des mines de Carmaux. Schéma de la distribution et de l'utilisation de l'énergie électrique 448
306. Locomotive électrique des mines de Nœux 451
307. Traction électrique des mines de Nœux. Truck et accumulateurs 452
308. Traction électrique des mines de Nœux. Diagramme des efforts et de l'ampèremètre le long de la voie 453
309. Accouplement élastique de la dynamo et de la turbine (charbonnages des Bouches-du-Rhône) 455
310. Chariot-affût à trois perforatrices électriques et turbine (charbonnages des Bouches-du-Rhône) 456
311. Installation dans le cuvelage de la galerie de Gardanne à la mer, pour la perforation, la ventilation et la traction (Charbonnages des Bouches-du-Rhône). 457
312. Installations dans la galerie de Gardanne à la mer pour la traction. Locomotive électrique et treuil hydraulique (Charbonnages des Bouches-du-Rhône) . . . 459

TABLE DES MATIÈRES
DU TROISIÈME VOLUME.

TROISIÈME PARTIE.

APPAREILS, PROCÉDÉS ET MÉTHODES.

Pages.

PRÉAMBULE 5

CHAPITRE PREMIER. — Abatage. — Sondage. — Travail des roches :

Généralités 7

I. *Abatage :*

Outils de mineurs :

Outils de mineurs de la Hardy Patent Pick C° 11
Coin mécanique Levet 14

Perforatrices :

1° Perforatrice à main :

«Le Jubilé» perforatrice à main système Bornet 14
Perforatrice à main système Heise 15
Perforatrice à main Hardy Patent Pick C° 16

2° Perforatrices à air comprimé :

Perforatrices Rand Drill à air comprimé 19
Perforatrices Ingersoll-Sergeant 21
Perforatrice à air comprimé Hardy Patent Pick C° 25
Perforatrice à air comprimé Hollmann «The Cornish» 26
Perforatrice à air comprimé J. François 27

3° Perforatrices électriques :

Perforatrice à rotation Siemens et Halske 30
Perforatrice à percussion Siemens et Halske 32
Perforatrice électrique Bornet à injection d'eau 34
Perforatrice électrique à percussion Dulait et Forget 39
Perforatrice différentielle Collin Daubiné 40

Hâveuses :

Hâveuse Ingersoll 43
Hâveuse de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville 47
Hâveuses électriques à chaîne Jeffrey 48

II. *Sondage :*

Appareils de sondage de la Oil Well Supply C° 54
Nouveau procédé de battage rapide, système Lippmann 63
Système de sondage, procédé Raky 65
Appareil de sondage à battage rapide et à course variable instantanée, système P. Arrault. 69

CHAPITRE PREMIER. — Abatage. — Sondage. — Travail des roches (Suite) :

II. *Sondage* (Suite) :

Accroche-tube, système Arrault 70
Lime-tuyaux Lippmann 71
Pique-tuyaux Lippmann 71
Tuyaux Lippmann 72
Repérage de l'orientation des carottes-témoins, appareil Arrault 72
Forages de puits pour captation d'eau (Lippmann) 72
Forage au diamant :
Appareils de sondage Woïslaw 73
Perforatrice à diamant de la Bullock Manufacturing C° 81
Application des sondages au fonçage de puits par congélation .
Fonçage du puits d'Auboué par la Société de fonçage de puits, études et travaux de mine 85
Méthode de mesure des déviations de sondages de la Société de fonçage de puits, études et travaux de mine 91

III. *Travail des roches :*

Excavateurs américains «Sergeant» 94
Scie diamantée de M. Fromholt 96
Taille des roches par le fil hélicoïdal 99

CHAPITRE II. — Explosifs et appareils de mise de feu :

Généralités 102

I. Explosifs :

Explosifs Favier 103
Explosifs Street ou cheddites 107

II. Appareils de mise de feu :

§ 1. Appareils pour amorces électriques :
Exploseur C. Gomant 109
Exploseur Barbier de la Société d'explosifs et de produits chimiques 110
Exploseur Siemens et Halske 112

§ 2. Appareils pour mèches et amorces ordinaires :
Allumeur de sûreté Davey Bickford Smith and C° 113
Coup de poing Kinsmen 115

III. Station d'essai des explosifs de mines de Woolwich 116

CHAPITRE III. — Travaux divers et installations intérieures :

Généralités 121

I. *Travaux divers :*

Application du béton de ciment dans les mines de la Société J. Cockerill, à Seraing. 122
Approfondissement et revêtement simultanés d'un puits de mine. Revêtement monolithe (charbonnages d'Ougrée) 126
Serrement en fonte de la fosse n° 10 des mines de Lens 130
Segment de cuvelage des mines de Béthune permettant l'écoulement de l'eau pendant la pose du cuvelage 131

CHAPITRE III. — Travaux divers et installations intérieures (Suite) :

I. *Travaux divers* (Suite) :

Reprise de la fosse décuvelée n° 4 aux mines de Béthune..... 133
Mode de fonçage du puits d'aérage du siège Sainte-Barbe (charbonnages de Ressaix, Leval, Péronne et Sainte-Aldegonde)..... 137

II. *Installations intérieures :*

Guidage par longrines éclissées des mines de Montrambert pour compenser les effets de tassement des puits..... 139
Encagement et décagement des mines d'Auzin (fosse d'Arenberg). Taquets hydrauliques..... 141
Encagement automatique des berlines à la recette intérieure aux mines de Dourges. 144
Cages à planchers mobiles des mines de Dourges et taquets de la recette du jour.. 144
Plan incliné à chariot porteur des mines de Courrières..... 147
Balance à contrepoids des mines de Courrières..... 148
Type de descenderie des mines de Courrières..... 150
Utilisation d'une descenderie de remblais pour l'obtention d'air comprimé (houillères de Saint-Étienne)..... 151
Beurtia des mines de Lens..... 152
Balance des mines de Lens..... 154

CHAPITRE IV. — Méthodes nouvelles :

Généralités..... 155
Description de la méthode d'exploitation par grandes tailles des mines de la Grand'Combe. 155
Méthode d'exploitation en couches puissantes de la Société des Aciéries de France..... 159
Méthode d'exploitation des mines de sel à Aussee par chambre de dissolution à puits... 165
Four salogène des salines de Volterra..... 169
Méthodes d'exploitation des ardoisières et leur modification par le système dit «en remontant»..... 173

CHAPITRE V. — Machines d'extraction. — Câbles d'extraction :

Généralités..... 182
Système Desprez pour exploitation à grande profondeur..... 183
Système de compensation Stein pour exploitation à grande profondeur..... 185
Machine d'extraction Morgans pour exploitation à grande profondeur..... 186
Machine d'extraction de la fosse d'Arenberg (mines d'Anzin)..... 189
Machine d'extraction du puits Saint-Dominique (la Béraudière)..... 195
Tambour cylindrique à rayons tangents et à réglage différentiel pour machine d'extraction (mines de Blanzy)..... 198
Essais des câbles et fils métalliques aux mines de Blanzy..... 199
Appareil indicateur de machine d'extraction des mines de Liévin..... 200
Treuil électrique des mines de Carmaux (courant triphasé)..... 201
Treuil électrique des mines de Lens..... 201
Treuil souterrain électrique des mines de la Grand'Combe..... 203
Treuils de mines de la maison Galland..... 205
Treuil universel de la maison Fournier-Cornu..... 208
Treuil Chauvet de la maison Fournier-Cornu..... 210
Changement de marche Fouquemberg (maison Pinette)..... 212

CHAPITRE VI. — Appareils de sécurité :

Généralités 214
Procédé de soutènement provisoire des mines de Courrières 215
Évite-molettes des mines de Liévin 218
Appareil de sécurité et d'arrêt des machines d'extraction des mines de Dourges, système A. Foby 224
Évite-molettes des houillères de Saint-Étienne 226
Appareil de sécurité pour machine d'extraction des mines de Lens 233
Évite-molette électro-dynamique Massaux 236
Appareils de sécurité de la machine d'extraction de la fosse d'Arenberg (système Neu), des mines d'Anzin 239
Cage à parachute de la fosse n° 1 des mines de Lens 241
Installation d'un puits d'extraction de 5 mètres de diamètre des mines de Lens avec ses dispositifs de sécurité 243
Parachute Malissard pour guidage métallique 249
Barrière de sûreté Warocqué, des charbonnages de Mariémont et Bascoup 249
Barrière automatique pour la fermeture des puits des mines de Béthune 253
Appareils de sécurité des balances des mines de Courrières 255
Dispositif de sûreté de plan incliné aux mines de Courrières 256
Appareils de sécurité adoptés dans les descenderies des mines de Courrières 257
Barrières semi-automatiques pour recettes de puits d'extraction des mines de Montrambert. 259
Plans inclinés et barrière de sûreté des mines de Lens 260
Transport des ouvriers dans les grands plans inclinés des mines de Molière (Compagnie houillères de Bessège) 261

CHAPITRE VII. — Pompes :

Généralités 263
Pompes centrifuges Galland 265
Machine d'épuisement à transmission hydraulique, système Kaselowsky (puits Ferrouillat, la Béraudière) 265
Pompes électriques Galland 269
Pompe d'épuisement électrique des mines de Carmaux 269
Pompe électrique du puits de la Loire (mines de la Loire) 270
Pompe électrique de la Grand'Combe 270
Pompe express Riedler (Allgemeine Elecktricitäts Gesellschaft) 274
Pompe rapide Ehrhardt et Sehmer 277

CHAPITRE VIII. — Compresseurs d'air :

Généralités 279
Compresseurs d'air type «Ingersoll-Sergeant» 279
Compresseurs d'air Rand Drill 285
Compresseurs d'air Pinette, système Weiss 291
Graisseur automatique du cylindre à air et du tiroir, système Weiss 297
Compresseur d'air J. François 297
Régulateur de pression dans les réservoirs à air comprimé des mines de Lens 300

CHAPITRE IX. — Aérage. — Appareils divers :

Généralités 301
Ventilateurs Rateau 303
Ventilateur diamétral, système Mortier 309
Ventilateur Fournier-Cornu 314
Ventilateur Geneste-Herscher (maison Pinette) 315
Ajutage convergent-divergent de la Compagnie des houillères de Saint-Étienne 319
Appareil réchauffeur d'air des mines de Montrambert et de la Béraudière 319
Contrôle de l'aérage :
Mesurage du courant d'air et du grisou des houillères de Ronchamp 321
Autocapteur de M. Petit (houillères de Saint-Étienne) 328
Appareil enregistreur du volume d'air circulant par seconde dans une galerie de mine (Montrambert) 332
Grisoumétrie :
Burette de M. Le Chatelier 334
Grisoumètre de M. Le Chatelier 335
Lampe grisoumétrique Chesneau 339

CHAPITRE X. — Lampes de mine :

Lampe à benzine de sûreté Wolf 343
Lampe à benzine de sûreté des mines de Lens 347
Lampe de sûreté Best 349
Fermeture de lampe de sûreté des mines de Béthune 350
Allumage des lampes par l'électricité des mines de Blanzy 351
Appareil d'essai des lampes de sûreté des mines de Liévin 353
Lampe électrique de mines, système Sussmann 354
Lampe électrique de mines, système Neu-Catrice 357

CHAPITRE XI. — Appareils de laboratoire :

Obus calorimétrique de M. P. Mahler 360

CHAPITRE XII. — Appareils de préparation mécanique des charbons et minerais. — Criblage. — Lavage. — Triage. — Classeurs :

Généralités 366
Broyeurs (Hardy Patent Pick C°) 367
Crible Coxe 369
Cribles Hardy Patent Pick C° 371
Crible hydraulique Ferraris, de Monteponi 372
Séparateur magnétique Ferraris, de Monteponi 373
Classeurs à tamis inclinés à vibration, de Monteponi 373
Hydroclasseur Ferraris, de Monteponi 374
Table oscillante Ferraris, de Monteponi 375
Table tournante continue, à arrosage progressif, pour le traitement des schlamms, système Lenicque 375
Criblage et lavage des mines de Béthune 379
Lavoir à charbon Elliott (Hardy Patent Pick C°) 382
Lavoir à charbon, système Ev. Coppée. Lavoir central de Gayant de la Compagnie des mines d'Aniche 384

CHAPITRE XIII. — Manutention des charbons et minerais. — Transporteurs. — Culbuteurs :

Généralités 390
Culbuteur Rigg 390
Transporteur Kreiss 392
Courroie transporteuse Robins 393
Toile de transport pour ateliers de criblage des mines de Lens 396
Rivage des mines de Béthune. — Culbuteurs 396
Mise à terril mécanique (système Lévêque et Cie) 402

CHAPITRE XIV. — Agglomérés :

Généralités 404
Machine à agglomérer Couffinhal, à triple compression 404
Machine à agglomérer Couffinhal, à double compression, construite par les ateliers de la Chaléassière 409
Presses à agglomérés ovoïdes de l'Horme et la Buire 413

CHAPITRE XV. — Fours à coke. — Fabrication du coke :

Généralités 416
Fours à coke à récupération, système Semet Solvay 417
Fours à coke à récupération, système Evence Coppée 421
Fours à coke à récupération, système Collin (charbonnages de Marihaye) 424
Fabrication du coke comprimé (mines d'Albi) 427
Défourneuse électrique des mines de Carmaux 430

CHAPITRE XVI. — Applications de l'électricité dans les mines :

Généralités 432
Installations électriques des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune 436
Station centrale des mines de la Grand'Combe 441
Utilisation des chaleurs perdues des fours à coke des mines de Carmaux. Station centrale de 1400 HP 445
Installation électrique des mines de Blanzy 448
Installations électriques des mines de Vicoigne et Nœux (traction électrique) 448
Utilisation des venues d'eau sous pression dans les travaux, pour la production d'énergie électrique (charbonnages des Bouches-du-Rhône) 454

CONCLUSION 461

Imprimerie nationale. — 7475-04.

Special
93-B10198
v. 11, pt. 3

THE GETTY
LIBRARY